This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

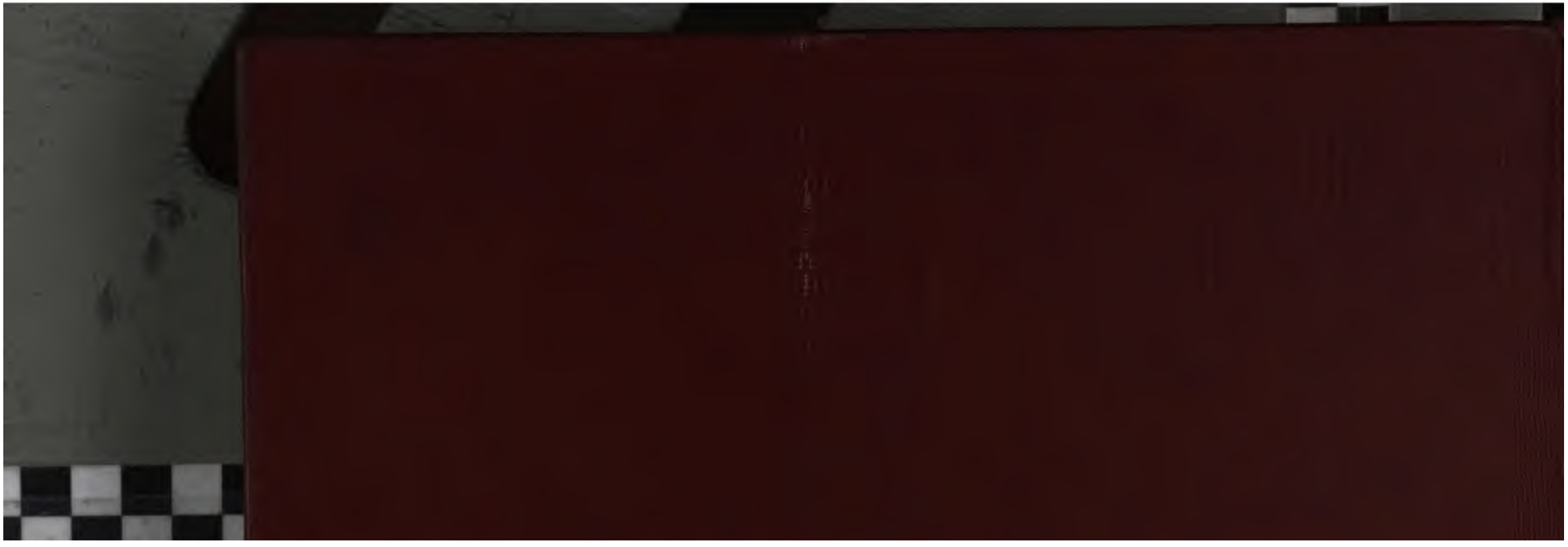
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

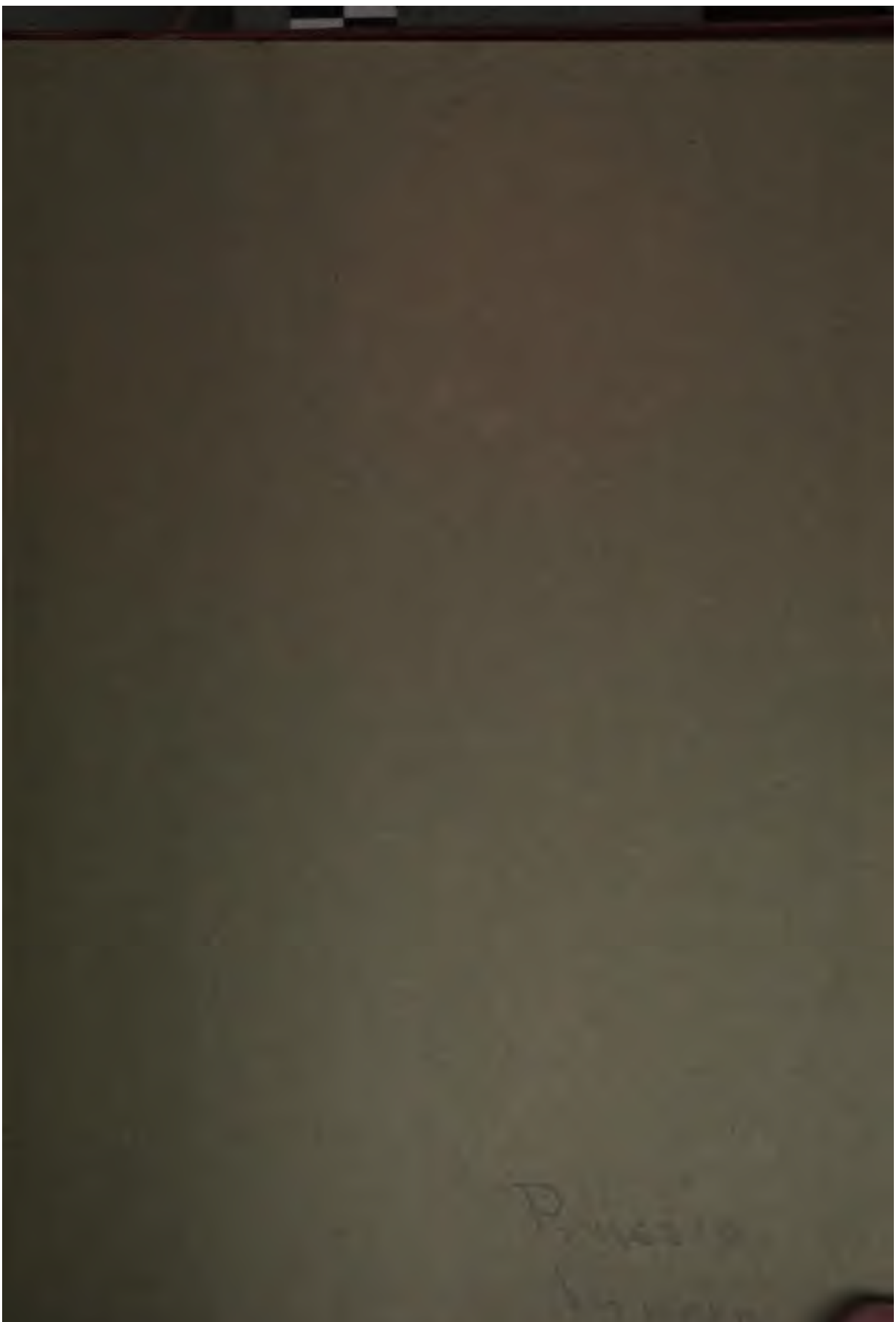
+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.





Berlin. Tech. Versuchsanstalten.

Mittheilungen

aus den

Königlichen technischen Versuchsanstalten

zu

Berlin.

Herausgegeben

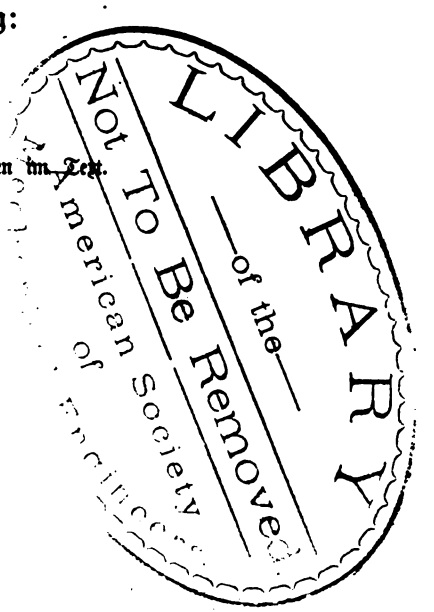
im Auftrage

der Königlichen Aufsichts-Kommission.

Zwölfter Jahrgang:

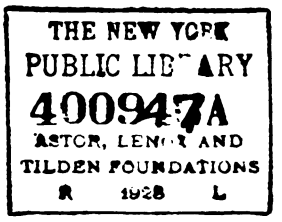
1894.

Mit acht Tafeln und Abbildungen im Text.



Berlin.
Verlag von Julius Springer
1894.

400947A


THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
400947A
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R 1928 L

Inhalts-Verzeichniß.

Seite

Bekanntmachungen der Königlichen Kommission zur Beaufsichtigung der technischen Versuchsanstalten:

1. Aenderung der Vorschriften für Tintenprüfung 37
2. Untersuchung von Schmierölen 137
3. Verwaltung der Prüfungsstation für Baumaterialien 194

Bericht über die Thätigkeit der Königlichen technischen Versuchsanstalten im Etatsjahre 1893/94 . . . 195

Bericht über die Ergebnisse von Vorversuchen über die Festigkeitseigenschaften von Kupfer. Erstattet vom Vorsteher Professor A. Martens 37

Ueber den Einfluß der Versuchslänge auf die Zerreißfestigkeit von Hanfseilen. Vom stellvertretenden Vorsteher M. Rudeloff 1

Untersuchungen von Pappen als Material zur Bekleidung von Baracken oder beweglichen Gebäulichkeiten. Vom stellvertretenden Vorsteher M. Rudeloff 14

Vergleichende Untersuchungen mit Kohlensäure-Flaschen verschiedenen Ursprunges. Vom stellvertretenden Vorsteher M. Rudeloff 206

Normalpapiere. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg 22

Wasserzeichenpapiere. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg 25

Preßspanprüfungen. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg 137

Löschpapiere. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg 225

Die Schreibpapiere des Papier-Kleinhandels. Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg 295

Ueber die Bestimmung der Klebkraft verschiedener Gummisorten. Von G. Dalén, Assistent der Abtheilung für Papierprüfung 149

Entscheinungs- und Parfümirungsmittel in Schmiermaterialien und Entfettungsstoffen. Vom Abtheilungsvorsteher Dr. Holde 31

Zur Kenntniß des Sonnenblumenöls. Vom Abtheilungsvorsteher Dr. Holde 36

Untersuchungen von Kalken und deren Mörteln, sowie von Kalkmörteln mit Traß- bezw. Cementzuschlägen. Von H. Burchartz, Assistent der Prüfungsstation für Baumaterialien 156

Ergebnisse der Untersuchungen von künstlichen Steinen. Von H. Burchartz, Assistent der Prüfungsstation für Baumaterialien 236

Ergebnisse der Untersuchungen von Scagliol-Bautafeln auf Feuerbeständigkeit bezw. Feuerübertragungsfähigkeit. Von H. Burchartz, Assistent der Prüfungsstation für Baumaterialien 294

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

XII. Jahrgang. 1894. Erstes Heft.

1. Ueber den Einfluß der Versuchslänge auf die Zerreißfestigkeit von Hanfseilen.

Vom stellvertretenden Vorsteher M. Rudeloff.

In einem Aufsatz, betitelt „Ergebnisse der Untersuchung von Hanfseilen auf deren Festigkeitseigenschaften“ [1]), bespricht Professor B. Kirsch einen Theil der Ergebnisse meiner Untersuchungen über den Einfluß der Konstruktionsverhältnisse und des Materials auf die Festigkeit von Hanfseilen [2]). Der Verfasser führt hierbei mit dem Bemerken, daß „die Berliner Versuche eine Reihe interessanter Ergebnisse zu Tage gefördert haben“ meine Schlußfolgerungen aus den Ergebnissen der Festigkeitsversuche mit den zu den Probeseilen gehörigen Garnen der Reihe nach auf und schließt hieran einige Betrachtungen über den Einfluß der Versuchslänge auf die Zerreißfestigkeit von Hanfseilen. Ich vermag diesen Betrachtungen nicht beizustimmen und sehe mich umsomehr veranlaßt, ihnen entgegenzutreten, als sie bei weiterer Verbreitung und ohne Kritik hingenommen dazu angethan erscheinen, die meines Erachtens für die Versuchstechnik bedeutungsvolle Frage nach dem Einfluß der Versuchslänge auf die Festigkeit von Hanfseilen [3]) zu verdunkeln und den Gegenstand, ohne Begründung durch einschlägige Versuche, mit Schlußfolgerungen aus einigen beim Zerreißen von Seilen auftretenden Erscheinungen in apodiktischer Kürze als belanglos und abgethan zu bezeichnen.

In meinem oben erwähnten Aufsatz führte ich des Näheren aus [4]), daß der Einfluß der Probenlänge bei Zerreißversuchen mit Garnen um deswillen auf die erhaltenen Bruchlasten von Einfluß sein müßte, weil die einzelnen Fasern, aus denen die Garne gesponnen seien, bei hinreichend langen Versuchsstücken nicht an beiden Enden von den Einspannvorrichtungen festgehalten würden, während bei hinreichend kurzen Proben beide Enden aller Fasern eingespannt seien. Die Bruchfestigkeit hänge daher bei langen Garnen von dem Reibungswiderstande ab, welcher in Folge des Dralles der Garne der Verschiebung oder dem Gleiten der einzelnen Fasern gegen einander sich entgegensetze, während sie bei kurzen Garnen gleich der Summe der Zugspannungen sein müsse, die bis zum Bruch der am meisten angespannten

---

[1]) „Mittheilungen des technologischen Gewerbe-Museums in Wien“ 1893, Heft 10—12.

[2]) „Mittheilungen“ 1893, S. 89.

[3]) Den Einfluß der Versuchslänge auf die Festigkeit von Gespinnsten erörterte bereits Professor Hartig in seinem Aufsatz: „Ueber die Festigkeitseigenschaften faseriger Gebilde“. „Dinglers polytechnisches Journal“ 1879, Bd. 233, S. 191.

[4]) Die in der Fußnote 3 angeführte Arbeit war mir damals

in allen Fasern erregt würden. Professor Kirsch tritt diesen meinen Ausführungen, welche durch umfassende Versuchsergebnisse belegt sind, bei, indem er sie in kurzer Fassung wiedergiebt und es auch als richtig bezeichnet, daß die Länge des verwendeten Hanfes für die anzuwendende Versuchslänge maßgebend sein müsse, weil eben die Versuche gezeigt hätten, daß die Festigkeit der Garne mit wachsender Probelänge abnimmt. Dann aber fährt er in seinen Ausführungen fort: „aber bei Zerreißversuchen mit ganzen Seilen liegt der Fall anders. Ich habe schon in meinem früheren Bericht über Seilversuche[1]) behauptet, daß die größte beobachtete Belastung beim Bruch eines Seiles ganz dieselbe sein muß, ob man große oder kleine Versuchslängen anwendet. In dieser Meinung wurde ich auch bei den unten zusammengestellten Seilversuchen von Neuem bestärkt. Die Seile reißen in der Regel im Innern zuerst, d. h. die Fäden zerreiben oder zerdrücken sich an der Stelle, wo die Pressungen und gegenseitigen Bewegungen am größten sind. Läge der Fall so, daß die Hanffasern, die bei kurzen Seillängen an beiden Enden eingespannt gedacht werden können, in einem oder mehreren Garnen zerreißen und hierdurch der Seilbruch herbeigeführt würde, so müßte man allerdings größere Versuchslängen anwenden; die Seile zerreißen aber durch Zerdrückung der Garne, und dieser Druck ist unabhängig von der angewendeten Versuchslänge oder der Faserlänge im Garn."

Auch mir ist, wie wohl jedem, der Gelegenheit gehabt hat Seilversuche anzustellen oder zerrissene Seile mit einiger Aufmerksamkeit zu betrachten, bekannt, daß das Seil zunächst im Innern zerstört wird. Aber als Regel kann man doch wohl nur das aufstellen, daß zunächst die Seele in Folge ihrer gestreckten Lage im Seil und somit in Folge der mit ihrer geringeren Länge verbundenen größeren Belastung, den Litzen gegenüber, in einzelne kleine Stücke zerreißt, deren Länge gleich derjenigen der einzelnen Duchten zu sein pflegt. Daß auch die Litzen zuerst an den im Seilinnern gelegenen Seiten zum Bruch gehen, weil ihre Garne hier zerdrückt werden, ist mir wenigstens als regelmäßige Erscheinung bisher nicht vorgekommen und auch nicht recht einleuchtend.

Wäre der Bruch des Seiles in der Regel eine Folge des im belasteten Seil entstehenden Seitendruckes auf die Litzen, so müßten bei Anwendung der Kortümschen Seilschlösser, bei denen die Seilenden zwischen Keilen in konischen Gehäusen festgelegt werden, alle Seilproben an der Befestigungsstelle reißen, weil hier zu dem Druck, den die Litzen in Folge der Belastung des Seiles erleiden, auch noch ein mehr oder weniger großer Keildruck hinzutritt. Dies ist indessen nicht der Fall. Vielmehr rissen nach den angestellten Erhebungen z. B. bei einer Versuchsreihe von über 100 Versuchen, nur etwa 12% aller Seilproben in den Seilschlössern; und zwar traten derartige Brüche in der Mehrzahl nur bei den Manillaseilen auf, die überhaupt gegen Seitendruck sehr empfindlich sind. — Weitere theoretische Erwägungen darüber anzustellen, ob die Länge der Seilproben auf deren Zugfestigkeit von Einfluß ist oder nicht, erscheint mir bei der Mannigfaltigkeit der in einem belasteten Seil herrschenden Kräfte nicht am Platze. Nur unmittelbar zur Lösung dieser Frage angestellte Versuche dürften zur richtigen Erkenntniß des Sachverhaltes führen.

Derartige Versuche sollen in der Versuchsanstalt in umfassendem Maße angestellt werden, nachdem Vorversuche gezeigt haben, daß der Einfluß der Versuchslänge wenigstens bei den bereits untersuchten Seilen als bestehend anzusehen ist. Bis zum Abschluß der angebahnten Untersuchungen dürfte noch eine geraume Zeit vergehen; ich behalte mir daher

[1]) „Mittheilungen des technologischen Gewerbe-Museums in Wien", 1893, Heft 4—6.

die Besprechung der Ergebnisse für später vor, glaube aber mit der Veröffentlichung einiger Ergebnisse aus den erwähnten Voruntersuchungen zwecks Begründung meiner gegen die Behauptung des Herrn Professor Kirsch erhobenen Einwendung nicht zurückhalten zu sollen. Ich betone hierbei ausdrücklich, daß die nachfolgenden Schlüsse selbstverständlich zunächst nur für die beiden besprochenen Seile Gültigkeit haben. Ob sie verallgemeinert werden können, d. h. ob sie auch für Seile aus anderem Material, anderer Konstruktion, anderen Durchmessers und anderer Schlaghärte Gültigkeit haben, bleibt nach dem Ausfall der weiteren Untersuchungen zu entscheiden, bei denen auf alle diese Verhältnisse Rücksicht genommen werden wird.

A. Das Probematerial.

Die beiden Probeseile waren von zwei verschiedenen Seilschlägereien bezogen, um möglichst schon bei diesen Vorversuchen festzustellen, ob die Fabrikationsweise von Einfluß auf das Ergebniß ist. Bei der Bestellung war der Zweck der Beschaffung angegeben. Im Uebrigen war den Fabrikanten nur vorgeschrieben, daß die Seile bei etwa 18 mm Durchmesser aus festem langfaserigem russischem Hanf in Rundschlag als Lastseile zu fertigen seien. Zugleich wurde 1 kg des zu dem Seil verarbeiteten Garnes gefordert. Die Länge jedes Seiles war auf mindestens 30 m festgesetzt. Die Anlieferung des im Nachstehenden mit I bezeichneten Seiles erfolgte am 19. August v. J., die des Seiles II am 26. August. Die Garne erhielten die gleichen Nummern wie die zugehörigen Seile.

B. Die Versuchsausführung.

Die Seile wurden sofort nach ihrem Eingang in je 19 Abschnitte zerlegt, von denen 18 der Reihe nach fortlaufend mit den Buchstaben a—s und der Seilnummer gezeichnet wurden. Der 19. Abschnitt erhielt als Reststück nur die Nummer des Seiles. Die Längen der Abschnitte a—s, welche in genauen Maßen in Tab. 1 angegeben sind, waren rund die folgenden:

a, g und n	= 3,4	m	für etwa	3,0	m Versuchslänge
b, h " o	= 2,4	"	" "	2,0	" "
c, i " p	= 1,4	"	" "	1,0	" "
d, k " q	= 0,90	"	" "	0,5	" "
e, l " s	= 0,65	"	" "	0,25	" "
f, m " r	= 0,05	"	zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes.		

Aus einem Vergleich der Zeichen für die Abschnitte gleicher Länge mit der Reihenfolge der Buchstaben ersieht man, daß in drei Reihen immer die Proben verschiedener Länge hinter einander entnommen waren. Mit dieser Art der Zerlegung war bezweckt, den Einfluß von Ungleichheiten im Seil auf das Versuchsergebniß möglichst zu beseitigen.

Um Beschädigungen des Seilgefüges an den Enden beim Abschneiden zu vermeiden, wurden stets vor dem Zerlegen des Seiles zu beiden Seiten der Schnittstellen, welche durch Auftragung der obengenannten Längen zuvor gekennzeichnet waren, Umwickelungen mit Bindedraht, bestehend aus je fünf Windungen, angebracht. Die einzelnen Bindedrähte wurden alle gleich lang zugeschnitten und dann wurde ihr Gewicht durch Auswägen einer gewissen Anzahl von Drähten festgestellt, um es hernach von dem Gewicht der an den Enden mit ihnen abgebundenen einzelnen Seilproben in Abzug bringen und so das wirkliche G ermitteln zu können.

Tabelle 1. **Ergebnisse der Zug**

Seil Nr.	Zeichen des Abschnittes	Tag der Prüfung	Luftfeuchtigkeit %	Metergewicht kg	Draht			Abmessungen		
					Anzahl der gemessenen Duchten	deren Gesammtlänge mm	Duchten auf 1 m Länge	Umfang mm	Versuchs-Länge mm	Meßlänge mm
I.	a	30. VIII.	87	0,252	71	922	77,0	60	[2937]	1000
	g	31. VIII.	69	0,257	71	938	75,7	59	3020	1000
	n	5. IX.	84	0,250	74	965	76,7	60	3025	1000
	Mittel	—	**80**	**0,253**	—	—	**76,5**	**60**	**2994**	**1000**
	b	30. VIII.	80	0,253	70	925	75,6	60	2027	1000
	h	1. IX.	58	0,255	73	955	76,4	60	2015	1000
	o	5. IX.	83	0,255	72	938	76,7	60	2018	1000
	Mittel	—	**73**	**0,254**	—	—	**76,3**	**60**	**2020**	**1000**
	c	30. VIII.	77	0,256	61	797	76,5	60	994	968
	i	1. IX.	58	0,256	64	830	77,1	59	990	961
	p	5. IX.	80	0,254	75	981	76,4	60	1015	1000
	Mittel	—	**72**	**0,255**	—	—	**76,7**	**60**	**1000**	**976**
	d	30. VIII.	68	0,257	41	539	76,0	60	502	470
	k	1. IX.	58	0,251	44	573	76,7	60	500	440
	q	5. IX.	80	0,247	54	681	79,4	59	505	490
	Mittel	—	**69**	**0,252**	—	—	**77,4**	**60**	**502**	**467**
	e	31. VIII.	67	0,256	22	294	74,8	60	245	163
	l	1. IX.	58	0,248	33	428	77,0	59	265	150
	s	5. IX.	80	0,254	39	513	75,9	59	258	150
	Mittel	—	**68**	**0,253**	—	—	**75,9**	**59**	**256**	**154**
II.	a	9. IX.	75	0,224	71	1002	71,0	58	3093	1000
	g	11. IX.	66	0,227	69	978	70,5	59	3095	1000
	n	12. IX.	68	0,225	71	996	71,3	58	3050	1000
	Mittel	—	**70**	**0,225**	—	—	**70,9**	**58**	**3079**	**1000**
	b	9. IX.	75	0,227	71	996	71,2	58	2027	1000
	h	11. IX.	66	0,230	70	984	71,1	59	2026	1000
	o	13. IX.	66	0,223	72	988	72,8	58	2052	1000
	Mittel	—	**69**	**0,227**	—	—	**71,7**	**58**	**2035**	**1000**
	c	9. IX.	74	0,234	71	996	71,2	58	1020	1000
	i	11. IX.	63	0,232	69	985	70,1	59	1016	1000
	p	13. IX.	65	0,227	71	985	72,1	58	1020	1000
	Mittel	—	**67**	**0,231**	—	—	**71,1**	**58**	**1019**	**1000**
	d	9. IX.	74	0,223	54	760	71,1	59	512	500
	k	11. IX.	61	0,227	46	654	70,4	58	490	480
	q	13. IX.	65	0,233	52	720	72,2	58	505	495
	Mittel	—	**67**	**0,228**	—	—	**71,1**	**58**	**502**	**492**
	e	9. IX.	73	0,231	36	(449)	(80,1)	58	245	150
	l	11. IX.	59	0,221	38	525	72,4	57	275	150
	s	13. IX.	64	0,227	39	536	72,7	58	264	150
	Mittel	—	**65**	**0,226**	—	—	**[72,6]**	**58**	**261**	**150**

versuche mit den Seilen.

Dehnung in % bei den übergeschriebenen Belastungen in kg und bezogen auf 50 kg Nulllast.							Bleibende Dehnung in % nach den Belastungen in kg		Festigkeit		Anzahl der gerissenen		Bemerkungen
80	160	240	575	910	1245	1580	160	240	Bruchbelastung kg	Reißlänge km	Litzen	Garne	
0,78	2,58	4,03	8,10	10,30	11,84	12,90	1,60	3,00	2450	9,72	2	—	
1,11	2,41	3,67	7,74	10,10	11,60	12,70	1,89	2,66	2550	9,92	2	—	
0,63	2,40	3,60	7,83	10,18	11,90	12,75	1,84	2,78	2600	10,40	3	—	
0,84	**2,46**	**3,77**	**7,89**	**10,19**	**11,78**	**12,78**	**1,78**	**2,81**	**2533**	**10,01**	—	—	
0,63	2,00	3,55	7,63	9,58	11,10	12,30	1,40	2,56	2800	11,07	4	—	
1,10	1,93	3,19	6,77	9,23	10,70	11,65	1,21	2,21	2700	10,59	2	—	
1,30	2,81	4,37	8,35	10,50	12,00	13,05	2,22	3,40	2800	10,98	3	—	
1,01	**2,25**	**3,70**	**7,58**	**9,77**	**11,27**	**12,33**	**1,61**	**2,72**	**2767**	**10,88**	—	—	
1,46	2,68	3,84	7,85	10,01	11,50	12,50	1,70	2,65	2850	11,13	3	—	
1,35	2,94	4,30	7,52	9,69	11,39	12,48	1,22	3,11	2900	11,33	2	—	
0,11	1,77	3,11	7,33	9,55	10,95	12,19	1,19	2,07	2850	11,22	1	—	
0,97	**2,70**	**3,75**	**7,57**	**9,75**	**11,28**	**12,39**	**1,37**	**2,61**	**2867**	**11,23**	—	—	
0,25	1,26	2,56	6,70	9,11	10,52	11,59	0,25	1,11	2750	10,70	1	—	
0,23	0,68	1,93	5,00	7,50	9,54	10,32	0,00	0,68	2750	10,96	1	—	
0,22	1,08	2,04	6,55	8,82	10,40	11,71	0,22	1,22	2700	10,93	2	—	
0,23	**1,01**	**2,18**	**6,08**	**8,48**	**10,02**	**11,21**	**0,16**	**1,00**	**2733**	**10,86**	—	—	
0,66	2,39	3,62	7,37	9,21	9,21	11,65	1,53	2,39	3150	12,31	2	—	An der Einspannung gerissen.
0,00	0,60	1,33	3,33	5,34	—	7,67	0,13	0,33	2955	11,92	2	—	Bruch im freien Seil.
0,13	1,67	3,00	6,81	8,81	10,60	11,32	1,00	1,67	3100	12,21	—	—	Bruch an der Einspannung.
0,26	**1,55**	**2,65**	**5,84**	**7,79**	**[9,91]**	**10,21**	**0,89**	**1,46**	**3068**	**12,15**	—	—	
1,15	3,40	5,32	10,53	12,38	13,85	14,62	2,79	4,19	2450	10,94	1	—	
0,95	3,05	4,38	9,50	11,89	13,36	14,38	2,55	3,75	2250	9,91	1	—	
1,13	3,55	5,46	10,70	13,05	14,55	15,47	2,97	4,25	2450	10,89	1	—	
1,08	**3,33**	**5,05**	**10,24**	**12,44**	**13,92**	**14,82**	**2,77**	**4,06**	**2383**	**10,58**	—	—	
1,48	4,60	7,09	12,29	14,45	15,79	16,80	3,81	6,18	2500	11,01	2	—	
1,33	3,60	5,79	11,40	13,70	15,18	16,15	3,00	4,70	2550	11,09	1	—	
0,95	2,79	4,82	9,70	12,10	13,98	15,03	1,85	2,99	2500	11,21	2	—	
1,25	**3,66**	**5,90**	**11,13**	**13,42**	**14,98**	**15,99**	**2,89**	**4,62**	**2517**	**11,10**	—	—	
1,88	3,90	6,30	12,10	14,00	15,30	16,19	3,05	4,93	2350	10,04	2	—	
0,40	2,56	4,50	9,10	12,02	13,50	14,30	1,85	3,27	2450	10,55	1	—	
0,40	2,60	4,64	10,50	13,03	14,58	15,63	1,33	2,84	2500	11,01	1	3	
0,89	**3,02**	**5,15**	**10,57**	**13,02**	**14,46**	**15,37**	**2,08**	**3,68**	**2433**	**10,54**	—	—	
1,32	2,70	5,02	10,53	12,90	14,30	15,20	2,64	3,70	2400	10,73	1	—	
0,48	[2,82]	4,58	10,03	12,50	13,92	14,78	1,88	3,38	2800	12,34	1	—	
0,40	2,81	4,95	11,01	13,70	15,15	16,19	1,41	2,93	2600	11,41	1	—	
0,73	**2,78**	**4,85**	**10,52**	**13,03**	**14,46**	**15,39**	**1,98**	**3,34**	**2600**	**11,41**	—	—	
0,60	3,33	5,60	10,79	13,19	14,31	15,26	2,53	4,13	2600	11,26	2	2	
0,60	1,33	3,20	7,47	9,80	11,12	—	0,60	1,27	2400	10,86	1	—	Bruch an der Einspannung.
0,27	2,14	4,00	9,74	12,20	13,67	14,68	0,67	1,67	2500	11,01	2	—	
0,49	**2,27**	**4,27**	**9,33**	**11,73**	**13,03**	**(14,97)**	**1,27**	**2,36**	**2500**	**11,04**	—	—	

An den 50 mm langen Proben f, m und r wurde der Feuchtigkeitsgehalt der Seile sofort nach dem Zerlegen ermittelt. Alle übrigen Abschnitte wurden zunächst einzeln gewogen und dann bis zum Versuch in gestreckter Lage aufbewahrt. Unmittelbar vor dem Versuch wurde schließlich die Länge möglichst genau und auch das Gewicht der Proben nochmals festgestellt.

Die Prüfung erstreckte sich auf die Ermittelung der Abmessungen, der Anzahl der Duchten auf 1 m Länge, der Dehnung und der Zerreißfestigkeit. Der Umfang der Proben wurde mit Hülfe eines umgelegten Bandmaßes gemessen. Die Duchtenzahl für 1 m Länge wurde aus der gemessenen Länge einer beliebigen Anzahl Windungen berechnet. Zum Ausmessen dieser Länge sowie der Gesammtlänge der Probe lag letztere unbelastet aber gestreckt in einer Rinne, welche aus zwei rechtwinkelig zusammengefügten schmalen Brettstücken bestand.

Die Belastung wurde bis zu 1580 kg stufenweise gesteigert. Die Größe der einzelnen, bei allen Versuchen gleichen Belastungsstufen, ist aus Tab. 1 zu ersehen. Als Anfangs- oder Null-Belastung, unter der die Meßlängen festgelegt wurden und auf welche zur Bestimmung der bleibenden Dehnungen entlastet wurde, kamen stets 50 kg zur Anwendung.

Die Dehnungen wurden mit Hülfe eines Schleppzeigers gemessen und abgelesen, nachdem die Wage mit jeder Laststufe eine Minute lang im Einspielen erhalten war. Von 1580 kg ab wurde die Belastung stetig gesteigert. Hierbei wurde der Zufluß des Druckwassers so geregelt, daß die Dehnung der Proben in der Minute etwa 1 % der Versuchslänge betrug.

Um den Einfluß der Luftfeuchtigkeit und der Zimmerwärme auf das Versuchsergebniß möglichst zu beseitigen, wurden die einzelnen Abschnitte in der Reihenfolge ihrer Entnahme oder Bezeichnung geprüft, d. h. es gelangten nicht die Abschnitte gleicher Länge hinter einander zum Versuch, sondern der Reihe nach immer je eine Probe der verschiedenen Längen. Die Tage, an denen die Versuche stattfanden und die beobachteten Werthe für die Luftfeuchtigkeit im Versuchs- und zugleich Lagerraum sind in Tab. 1 mit angegeben.

Die Garne wurden wie die Seile ebenfalls bei den Versuchslängen von etwa 3—2—1—0,5 und 0,25 m auf Zugfestigkeit unter Ermittelung der Dehnung bei stets den gleichen Laststufen geprüft und zwar wurden für jede Versuchslänge fünf Versuche angestellt. Für die Reihenfolge der Versuche gilt das zu den Seilen Gesagte. Die 3 und 2 m langen Proben wurden wegen zu geringer Länge des Maschinenbettes als Band ohne Ende geprüft, indem sie um zwei mit den Einspannvorrichtungen drehbar verbundene Rollen gelegt wurden. Diese wurden zum Ausgleich der Spannungen in beiden Trumms wiederholt leicht erschüttert. In den Tabellen 2 und 3, in denen die Ergebnisse für die Festigkeiten (Tab. 2) und Dehnungen (Tab. 3) der Garne zusammengestellt sind, sind auch für die 3 und 2 m langen Proben die Werthe auf das einfache Garn umgerechnet angegeben.

C. Die Versuchsergebnisse.

a. Einfluß der Versuchslänge auf die Reißlänge der Garne und Seile.

Um den Einfluß der Versuchslänge auf die Reißlänge der Garne und Seile zahlenmäßig zum Ausdruck zu bringen, sind für die bei den verschiedenen Versuchslängen erhaltenen Mittelwerthe Verhältnißzahlen berechnet, wobei die Werthe für 3,0 m Länge gleich 100 gesetzt wurden. Für die Garne sind diese Verhältnißzahlen in Tab. 2 mit aufgenommen; für die Seile sind sie unter Hinzufügung der Beobachtungswerthe für die Bruchfestigkeit und Reißlänge zur besseren Uebersicht in Tab. 4 besonders zusammengestellt. Ferner sind nach ihnen

Tabelle 2. Einfluß der Versuchslänge auf die Zugfestigkeit und Reißlänge der Garne.

Nr. des Garnes	Zustand des Garnes: Mittlerer Draht für 1 m	Zustand des Garnes: Mittleres Gewicht für 1 m g	Mittlere Luftfeuchtigkeit %	Versuch Nr.		Festigkeitseigenschaften bei den nachstehenden Versuchslängen in m: 3,0	2,0	1,0	0,5	0,25
I	48	4,61	75	1		33,8	38,8	50,0	50,0	52,5
				2		31,5	41,3	42,5	37,5	52,5
				3		35,0	33,8	47,5	47,5	40,0
				4		48,8	40,0	30,0	37,5	47,5
				5		30,0	40,0	35,0	37,5	35,0
	Mittelwerthe				Bruchfestigkeit kg	35,8	38,8	41,0	42,0	45,5
					Reißlänge km	7,76	8,41	8,89	9,11	9,86
	Verhältnißzahlen %					100	108	115	117	127
II	40,5	4,44	60	1		16,3	11,3	31,0	30,0	42,5
				2		(2,5)	25,0	20,0	27,5	37,5
				3		18,8	23,8	32,5	22,5	22,5
				4		28,8	26,3	17,5	30,0	22,5
				5		12,5	13,8	25,0	25,0	40,0
	Mittelwerthe				Bruchfestigkeit kg	19,1	20,0	25,2	27,0	33,0
					Reißlänge km	4,31	4,51	5,68	6,09	7,44
	Verhältnißzahlen %					100	105	132	141	173

in Fig. 1 für die Garne und in Fig. 2 für die Seile Schaulinien verzeichnet. Die vollausgezogenen Linien beziehen sich auf die Materialien Nr. I und die gestrichelten Linien auf die Materialien Nr II.

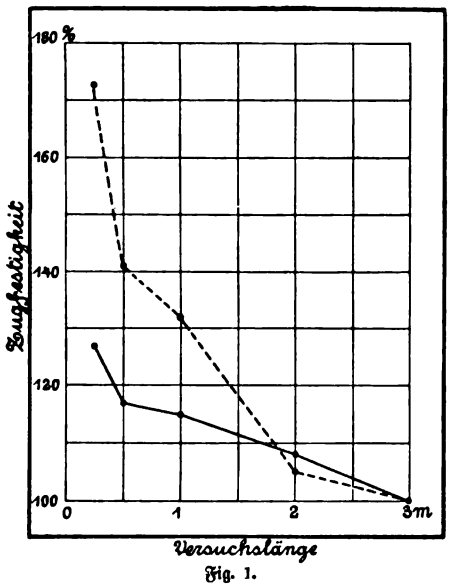


Fig. 1.

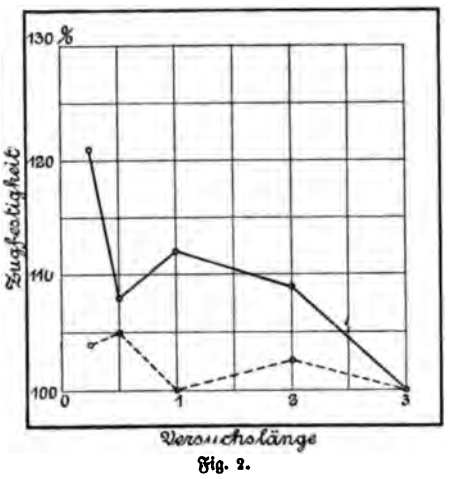


Fig. 2.

Aus Fig. 1 erkennt man, daß die Reißlänge beider Garne mit zunehmender Versuchslänge bis zu 3,0 m abnimmt, und daß der Einfluß der Versuchslänge bei dem Garn Nr. II erheblich größer ist als bei dem Garn Nr. I.

Nach Fig. 2 ist der Einfluß der Versuchslänge auf die Reißlänge bei dem Seil Nr. I unverkennbar; er nimmt einen weniger regelmäßigen Verlauf als

Tabelle 3. **Dehnungen der Garne**

Garn Nr. I.

Mittlere Verſuchslänge m	Nr. der Probe		Dehnungen in mm und % bei den übergeſchriebenen Belaſtungen in kg									
			5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
3,0	1		15,8	26,6	34,4	41,4	47,4	54,2	—	—	—	—
	6		19,6	31,0	39,0	46,0	53,0	61,4	—	—	—	—
	11		17,6	29,6	38,4	45,6	52,6	59,0	65,6	—	—	—
	16		18,6	29,2	37,0	43,6	49,0	54,4	61,4	68,6	73,0	—
	21		16,0	26,4	34,0	40,6	46,8	53,4	—	—	—	—
	Mittel	mm	17,5	28,6	36,6	43,4	49,8	56,5	[63,5]	[68,6]	[73,0]	—
		%	0,58	0,95	1,22	1,45	1,66	1,88	[2,12]	[2,29]	[2,43]	—
2,0	2		13,2	20,6	27,0	32,0	36,0	44,4	—	—	—	—
	7		12,6	20,2	26,0	30,4	34,6	39,0	43,0	46,6	—	—
	12		14,4	22,1	27,2	31,8	35,9	40,0	—	—	—	—
	17		10,8	18,0	23,6	28,1	32,4	36,2	40,4	45,0	—	—
	22		10,0	16,6	22,0	26,1	29,8	33,6	37,2	41,0	—	—
	Mittel	mm	12,2	19,5	25,2	29,7	33,7	38,6	[40,2]	[44,2]	—	—
		%	0,61	0,98	1,26	1,49	1,69	1,93	[2,01]	[2,21]	—	—
1,0	3		—	7,8	—	12,5	—	17,0	—	20,3	23,2	—
	8		—	8,3	—	13,3	—	17,6	—	21,6	—	—
	13		—	6,8	—	11,2	—	14,3	—	17,4	—	—
	18		—	7,5	—	13,0	—	18,5	—	—	—	—
	23		—	6,7	—	11,3	—	14,8	—	—	—	—
	Mittel	mm	—	7,4	—	12,3	—	16,4	—	[19,8]	[23,2]	—
		%	—	0,74	—	1,23	—	1,64	—	[1,98]	[2,32]	—
0,5	4		—	3,7	—	6,3	—	8,2	—	10,0	—	12,0
	9		—	4,7	—	7,5	—	9,6	—	—	—	—
	14		—	4,5	—	7,1	—	8,2	—	10,8	—	—
	19		—	3,3	—	5,5	—	7,8	—	—	—	—
	24		—	5,3	—	8,0	—	10,0	—	—	—	—
	Mittel	mm	—	4,3	—	6,9	—	8,8	—	[10,4]	—	[12,0]
		%	—	0,86	—	1,38	—	1,76	—	[2,08]	—	[2,40]
0,25	5		—	—	—	2,2	—	—	—	4,4	—	—
	10		—	—	—	4,0	—	—	—	6,7	—	—
	15		—	—	—	2,7	—	—	—	4,9	—	—
	20		—	—	—	3,8	—	—	—	6,0	—	—
	25		—	—	—	2,7	—	—	—	—	—	—
	Mittel	mm	—	—	—	3,1	—	—	—	[5,5]	—	—
		%	—	—	—	1,24	—	—	—	[2,20]	—	—

bei dem zugehörigen Garn, dürfte aber nach den Ausgleichslinien für Seil und Garn als annähernd gleich groß angeſehen werden können. Bei dem Seil Nr. II iſt er im Gegenſatz zu den Garnen erheblich geringer als beim Seil I, aber immerhin gleichfalls als beſtehend zu erachten.

Es liegt mir fern, ſchon auf Grund des Ergebniſſes dieſer beiden Verſuchsreihen ausſprechen zu wollen, daß ebenſo wie bei den Garnen auch bei allen Seilen der Einfluß der Verſuchslänge auf die Reißlänge ſich geltend machen muß, wohl aber glaube ich, die gegentheilige „Behauptung" des Herrn Profeſſor Kirſch, „daß die größte beobachtete Belaſtung beim Bruch eines Seiles ganz dieſelbe ſein muß, ob man große oder kleine Verſuchslängen anwendet", als durch die Thatſache widerlegt bezeichnen zu können.

bei verschiedenen Versuchslängen,

Garn Nr. II.

Mittlere Versuchs-länge m	Nr. der Probe		Dehnungen in mm und % bei den übergeschriebenen Belastungen in kg							
			5	10	15	20	25	30	35	40
3,0	1		16,8	28,0	47,4	—	—	—	—	—
	6		—	—	—	—	—	—	—	—
	11		12,6	22,0	29,2	—	—	—	—	—
	16		21,0	29,8	36,0	41,2	46,4	—	—	—
	21		20,6	34,5	—	—	—	—	—	—
	Mittel	mm	**17,8**	**28,6**	[**37,5**]	[**41,2**]	[**46,4**]	—	—	—
		%	**0,59**	**0,95**	[**1,25**]	[**1,37**]	[**1,55**]	—	—	—
2,0	2		—	—	—	—	—	—	—	—
	7		10,0	15,8	20,6	24,3	32,0	—	—	—
	12		10,6	16,4	21,4	25,5	—	—	—	—
	17		11,6	18,2	23,0	27,2	38,0	—	—	—
	22		12,6	19,0	—	—	—	—	—	—
	Mittel	mm	**11,2**	**17,4**	[**21,7**]	[**25,7**]	[**35,0**]	—	—	—
		%	**0,56**	**0,87**	[**1,09**]	[**1,29**]	[**1,75**]	—	—	—
1,0	3		—	7,0	—	11,3	—	16,1	—	—
	8		—	3,7	—	7,3	—	—	—	—
	13		—	5,0	—	8,7	—	11,5	—	—
	18		—	9,0	—	—	—	—	—	—
	23		—	5,7	—	10,7	—	—	—	—
	Mittel	mm	—	**6,1**	—	[**9,5**]	—	[**13,8**]	—	—
		%	—	**0,61**	—	[**0,95**]	—	[**1,38**]	—	—
0,5	4		—	3,0	—	5,4	—	8,3	—	—
	9		—	2,4	—	8,7	—	—	—	—
	14		—	3,2	—	6,0	—	—	—	—
	19		—	2,8	—	4,7	—	6,6	—	—
	24		—	4,8	—	9,3	—	—	—	—
	Mittel	mm	—	**3,2**	—	**6,8**	—	[**7,5**]	—	—
		%	—	**0,64**	—	**1,36**	—	[**1,50**]	—	—
0,25	5		—	—	—	2,4	—	—	—	4,4
	10		—	—	—	3,3	—	—	—	—
	15		—	—	—	3,3	—	—	—	—
	20		—	—	—	4,0	—	—	—	—
	25		—	—	—	3,0	—	—	—	5,2
	Mittel	mm	—	—	—	**3,2**	—	—	—	**4,8**
		%	—	—	—	**1,29**	—	—	—	[**1,92**]

Die Frage verdient somit weitere Beachtung und zwar umsomehr, als die Größe und der Bereich des Einflusses nach den vorliegenden Ergebnissen bei verschiedenen Seilen außerordentlich verschieden zu sein scheinen.

Eine vollständige Aufklärung für das erörterte verschiedenartige Verhalten der Seile kann aus so wenigen Versuchen nicht gewonnen werden, wohl aber erscheint es mir angebracht, die vorliegenden Ergebnisse näher zu besprechen, um auf einige beachtenswerthe Punkte hinzuweisen, welche in ihnen zu Tage getreten sind. Ich hebe indessen ausdrücklich hervor, daß auch die nachfolgenden Erörterungen nur vorläufige Beobachtungen sind, welche erst durch umfassendere Versuche volle Bestätigung erlangen können.

Daß der Einfluß der Versuchslänge bei dem Garn [illegible] bei dem

Tabelle 4. Einfluß der Versuchslänge auf die Zugfestigkeit und Reißlänge der Seile.

Seil Nr.	Zustand der Seile: Mittlere Anzahl der Duchten für 1 m	Zustand der Seile: Mittleres Metergewicht kg	Mittlere Luftfeuchtigkeit %	Mittlere Festigkeitseigenschaften bei den nachstehenden Versuchslängen: Bedeutung der Werthe	3,0	2,0	1,0	0,5	0,25
I	76,4	0,253	72,4	Bruchfestigkeit kg	2533	2767	2867	2733	3068
				Reißlänge km	10,01	10,88	11,23	10,86	12,15
				Verhältnißzahlen %	100	109	112	108	121
II	71,9	0,227	67,6	Bruchfestigkeit kg	2383	2517	2433	2600	2500
				Reißlänge km	10,58	11,10	10,54	11,41	11,04
				Verhältnißzahlen %	100	105	100	106	104

Garn I dürfte vielleicht in dem geringeren Draht des ersteren begründet sein, welcher nur 40,5 Drehungen auf einen Meter gegenüber 48 Drehungen bei dem Garn II beträgt. Je fester nämlich das Garn gesponnen ist, desto größer ist die Reibung zwischen den einzelnen Fasern, um so größer wird also auch diejenige Belastung sein, bei welcher das Gleiten derjenigen Fasern eintritt, die nicht mit beiden Enden in den Einspannungen liegen. Die Bruchfestigkeit der langen Proben nähert sich demnach mit zunehmendem Draht der Garne immermehr dem Werth, welcher mit demselben Garn erhalten werden kann, wenn alle Fasern an beiden Enden eingespannt sind. Somit erscheint es wahrscheinlich, daß der Einfluß der Versuchslänge mit zunehmendem Draht immer mehr in den Hintergrund tritt. Ob er durch hinreichend starken Draht des Garnes gänzlich zu beseitigen ist, würde durch Versuche unschwer nachzuweisen sein, wenn man neben den Proben mit gewöhnlichem Draht auch solche Proben bei verschiedenen Längen untersucht, deren Draht zuvor durch Nachdrehen gesteigert wurde.

Sehr auffallend erscheint auf den ersten Blick das oben für die Seile erwähnte Ergebniß, nach welchem das Seil II dem Einfluß der Versuchslänge weniger unterlag als das Seil I, während bei den zugehörigen Garnen das umgekehrte Verhältniß zu Tage trat. Da die Nebeneinflüsse, welche etwa von Unterschieden in der Festigkeit an den verschiedenen Stellen des Seiles oder von dem Feuchtigkeitsgehalt des Materials und von der Art der Seileinspannung herrühren könnten, mit Rücksicht auf die hiergegen getroffenen, oben angeführten Maßnahmen als ausgeschlossen anzusehen sind, so dürfte das verschiedenartige Verhalten der beiden Seile meines Erachtens lediglich in der Art der Seilfertigung zu suchen sein.

Zunächst möge die Konstruktion der Seile betrachtet sein. Beide Seile sind ohne Seele aus vier Litzen in Rundschlag gefertigt. Die einzelnen Litzen bestehen beim Seil I aus zehn und beim Seil II aus neun Garnen. Die Richtung des Drahtes ist der Reihe nach für Garn, Litze und Seil beim Seil I: rechts—links—rechts und beim Seil II: links—rechts—links. Die beiden Seile unterscheiden sich demnach bezüglich ihrer Konstruktion im Wesentlichen nur durch die Richtung des Drahtes. Daß das verschiedenartige Verhalten der Seile bei wachsender Länge hierin begründet sein sollte, erscheint mir ausgeschlossen, da die Richtung, in welcher die einzelnen Theile des Seiles zusammengedreht sind, den allein in Frage kommenden Reibungswiderstand zwischen den einzelnen Fasern doch wohl kaum beeinträchtigen kann, zumal die Schlagrichtung für die drei Glieder des Seiles bei beiden Proben in gleicher Weise wechselt.

Zur gesuchten Begründung bleibt somit nur noch die Schlaghärte übrig. Bei gleicher Seilkonstruktion und bei gleichem Seildurchmesser wird das sicherste Maß für die gesammte Schlaghärte, (d. h. des Seiles und der Litzen,) in der mittleren Länge der einzelnen Garne für die Längeneinheit des Seiles gefunden werden können. Je größer diese mittlere Garnlänge ist, desto härter ist der Schlag.

Das Ausmessen der einzelnen, aus einem Seil von bestimmter Länge ausgelösten Garne bereitet mancherlei Schwierigkeiten, wie leicht einzusehen ist. Ich habe daher das Ausmessen dadurch zu umgehen gesucht, daß ich die mittlere Länge der Garne aus dem Verhältniß des Metergewichtes der Garne zu dem der Seile berechnete. Bezeichnet:

G das Metergewicht des Seiles,
g das Metergewicht des Garnes und
A die Anzahl der Garne im Seil,

so ergiebt sich die mittlere Länge l der Garne in einem Meter Seil aus der Gleichung

$$l = \frac{G}{g \cdot A}.$$

Die Metergewichte betrugen nach Tab. 4 für die beiden Seile 253 und 227 g, und nach Tab. 2 für die zugehörigen Garne 4,61 und 4,44 g; die Garnzahlen im Seil sind zu 40 und 36 ermittelt. Setzt man diese Werthe in die obige Gleichung ein, so erhält man die mittleren Garnlängen für Seil I zu 1,373 m und für Seil II zu 1,420 m, d. h. für Seil II den größeren Werth.

Nach Tab. 4 betrug nun die mittlere Anzahl der Duchten (Windungen) auf 1 m Seil bei der Probe I: 76,4 und bei der Probe II: 71,9. Hiernach sind also unter Berücksichtigung des gleichen Durchmessers beider Seile die Litzen zum Seil I mit stärkerem Draht zusammengefügt als zum Seil II. Da aber trotzdem oben für das letztere die größere mittlere Garnlänge gefunden wurde, so dürfte dies besagen, daß den Litzen des Seiles II ein stärkerer Draht gegeben wurde als denen des Seiles I.

Dies Ergebniß legt im Verein mit der Beobachtung, daß das Seil II mit abnehmender Versuchslänge nur eine geringe Zunahme seiner Reißlänge aufweist, den Schluß nahe, daß der Einfluß der Versuchslänge auf die Bruchfestigkeit der Seile von der Härte des Schlages abhängig ist, mit dem die Garne zur Litze vereint sind. Ob dies in allen Fällen zutrifft, wird durch weitere Versuche darzuthun sein; wahrscheinlich ist es um deswillen, weil die Garne in einer festgeschlagenen Litze der ganzen Länge nach einem starken Seitendruck ausgesetzt sind, welcher wohl geeignet sein dürfte, den Mangel an Reibung unter den einzelnen Fasern zu ersetzen, welcher von dem geringen Draht der Garne herrührte, ohne daß er den Nachtheil der stärkeren Garndrehung d. h. die Ueberlastung der im Garn außen liegenden Fasern, mit sich führt.

Für das untersuchte Seil II scheinen die festgeschlagenen Litzen ferner von ausschlaggebendem Einfluß auf die Festigkeit des ganzen Seiles gewesen zu sein. Denn nur diesem Umstande glaube ich es zuschreiben zu sollen, das mit dem Seil II fast die gleichen Bruchlasten und mindestens die gleichen Reißlängen (s. Tab. 4) erzielt wurden als mit dem Seil I, obgleich die Festigkeitseigenschaften der Garne II kaum mehr als die Hälfte der Werthe für die Garne I aufweisen (s. Tab. 2). Ob dieser günstige Einfluß des Festschlagens der Litzen auf die Tragfähigkeit der Seile auch im praktischen Betriebe sich geltend macht und für die Dauer im Seil erhalten bleibt, können nur die Betriebserfahrungen lehren. Jedenfalls erscheint diese beim Zerreißversuch gemachte Beobachtung für die Seil[illegible]achtenswerth.

b. Einfluß der Versuchslänge auf die Dehnung der Garne und Seile.

Aus den Ergebnissen meiner älteren Untersuchungen schloß ich, daß ein gesetzmäßiger Einfluß der Probenlänge auf den Verlauf der Dehnung bei steigender Belastung oder auf die Dehnung bei gleichen Belastungen nicht besteht. Die in Tab. 3 niedergelegten Ergebnisse der neueren Untersuchung dürften diese Schlußfolgerung bestätigen. Denn wie aus den in Prozenten angegebenen Werthen zu ersehen ist, sind die Dehnungen für die verschiedenen Versuchslängen zwar nicht gleich groß, sie schwanken aber derart, daß gesetzmäßige Beziehungen nicht erkannt werden können. So sind z. B. die Probenlängen beim Garn I für alle Laststufen wie folgt nach steigenden Dehnungen zu ordnen: 1 m, 0,25 m, 0,5 m, 3,0 m und 2,0 m. —

Als maßgebenden Faktor für die Dehnung des Garnes bezeichnet Herr Professor Kirsch die Dehnbarkeit der Achsfasern. Er sagt: „Der Draht der Hanffasern ist in der Garnachse am geringsten und wächst nach der Garnoberfläche hin. Die Dehnung der Achsfasern ist demnach maßgebend für die Dehnungsgröße des ganzen Garnes, vielleicht sogar übereinstimmend mit derselben, da bei größerer Dehnung des Garnes als der der Achsfasern die letzteren reißen müßten und damit der Bruch des Garnes bereits eingeleitet wäre."

Diese Auffassung dürfte den Thatsachen nicht entsprechen. Wenn auch der Draht der Fasern in der Garnachse am geringsten ist, so haben doch die außen gelegenen Fasern schon beim Spinnen des Garnes die größte Spannung erhalten. Hierdurch ist bedingt, daß diese äußeren Fasern auch beim Belasten des Garnes wenigstens zu Anfang des Versuches den größten Antheil der Belastung aufzunehmen haben. Hierbei längt sich die äußerste Faserschicht und zwar theils in Folge Dehnung des Materials theils deswegen, weil unter ihrem nach innen gerichteteten Druck der Durchmesser des Garnes abnimmt und die einzelnen Fasern nun in eine steilere Schraubenlinie übergehen. Die inneren ringförmigen Faserschichten werden hierbei nach und nach ebenfalls auf Zug belastet. Aber erst dann, wenn das Garn auf das äußerste Maß zusammengedrückt ist, hängt die weitere Dehnung des ganzen Garnes lediglich von der Dehnbarkeit des Materiales in bestimmten Faserschichten ab. Im Verlauf der Dehnung äußert sich das geschilderte Verhalten der einzelnen Faserschichten bei der Belastung deutlich darin, daß die Dehnung für gleiche Laststufen allmählich abnimmt und erst bei höheren Belastungen diesen annähernd proportional wird. Keinesfalls ist hiernach die Dehnung der Achsfasern für die Dehnungsgröße des ganzen Garnes maßgebend oder gar mit dieser übereinstimmend. Ob aber schließlich die Achsfasern zuerst reißen oder sich gegen einander verschieben und somit den endlichen Theil der Dehnung des ganzen Garnes bedingen, lasse ich dahin gestellt, zumal dies sicherlich von dem Grade des Drahtes abhängt. Der Bruch der Achsfasern wird um so eher eintreten, je geringer der Draht ist, da mit dem wachsenden Draht das Maß abnehmen dürfte, um welches die äußersten Fasern sich durch das Uebergehen in eine steilere Schraubenlinie gerade strecken können. —

Schließlich glaube ich Herrn Professor Kirsch auch noch die Erklärung dafür schuldig zu sein, wodurch ein allmähliges Anwachsen der Tragkraft entstehen kann, wenn immer kleinere Versuchslängen gewählt werden, da er angiebt, daß ihm dies Ergebniß meiner früheren Versuche unerklärlich geblieben sei und nach seiner Ansicht nur die folgenden zwei Zustände bestehen könnten: Erstens die Versuchslänge ist kleiner als die Faserlänge und die Tragkraft dann gleich der Kraft beim Zerreißen der Achsfasern oder zweitens, die Versuchs-

länge ist größer als die Faserlänge und die Tragkraft dann gleich der Kraft zum Verschieben der Fasern aneinander. —

Abgesehen davon, daß nicht alle zum Garn versponnenen Fasern gleich lang sind, endigen die neben einander liegenden Fasern nicht alle in demselben Querschnitt des Garnes; die Fasern des einen Bündels greifen vielmehr in das nächstfolgende Bündel über. Demgemäß gelangen bei Verkürzung der Versuchslänge die vorher sämmtlich außerhalb der Einspannungen gelegenen Faserenden auch nicht alle auf einmal, sondern erst nach und nach in die Einspannung hinein. Die Folge hiervon ist, daß die Bruchlast P des Garnes, welche bei hinreichend großer Versuchslänge lediglich von dem Reibungswiderstande R zwischen den versponnenen und beim Versuch angespannten Fasern abhängig ist, sich bei abnehmender Versuchslänge zusammensetzt aus Reibungswiderständen (R_1), zwischen solchen Fasern, die wenigstens mit dem einen Ende außerhalb der Einspannungen gelegen sind, und aus den Eigenfestigkeiten (F_1) der an beiden Enden eingespannten Fasern. Die Gleichung $P = R$, welche für hinreichend lange Proben gilt, geht also über in die Form $P = R_1 + F_1$. Mit zunehmender Anzahl der an beiden Enden von den Einspannungen erfaßten Fasern nehmen die Werthe für R_1 ab und diejenigen für F_1 zu, bis schließlich bei hinreichend geringer Versuchslänge $R_1 = 0$ und $P = F$ wird, wenn mit F die Summe der Zugspannungen bezeichnet ist, die bis zum Bruch der am meisten angespannten Fasern in ihnen allen erregt wurden.

Für eine bestimmte Anzahl Fasern können nun beim Zerreißversuch für R niemals größere Werthe beobachtet werden als für F. Denn wenn durch starken Draht thatsächlich ein solcher Zustand des Garnes herbeigeführt ist, daß die meistgespannten Fasern eher zerreißen als gegen einander gleiten, so kann doch die Bruchbelastung des Garnes immer nur bis zur Zerreißfestigkeit der Fasern gesteigert werden. Der etwa vorhandene höhere Reibungsbetrag ist also nach der beobachteten Bruchlast nicht zu bemessen. In Wirklichkeit wird dieser Zustand des starken Drahtes bei Seilgarnen wohl nie bestehen; andernfalls müßte bei diesen Garnen, wie schon oben erwähnt ist, der Einfluß der Versuchslänge auf die Bruchfestigkeit sich nur wenig oder garnicht bemerkbar machen, da es doch von gleicher Wirkung sein muß, ob die Enden der einzelnen Fasern durch Reibung im Garn selbst festgehalten werden, oder ob sie in der Einspannung liegen. Sieht man also von diesem Zustande ab, so muß die Festigkeit P des Garnes, sobald für sie bei hinreichend kleiner Versuchslänge die Gleichung gilt: $P = R_1 + F_1$, nun auch mit abnehmendem R_1 und mit wachsendem F_1 nach und nach zunehmen, bis für sie mit dem Uebergang der obigen Gleichung in die Form $P = F$ der größte Werth erreicht ist. Hiernach entsprechen also die von Herrn Professor Kirsch als allein möglich angenommenen Werthe für die Zugfestigkeit verschieden langer Garne nur den Grenzzuständen für die größte und kleinste zu erreichende Garnfestigkeit[1]), während die dazwischen liegenden Werthe, für welche die Gleichung $P = F_1 + R_1$ gilt, unbeachtet geblieben sind.

[1]) Daß bei kurzen Längen nicht die Eigenfestigkeit der Achsfasern, sondern derjenigen Fasern in Frage kommt, für welche die Summe der Belastung, resultirend aus der beim Verspinnen erzeugten Zugspannung und aus der Versuchsbelastung am größten ist, und daß dies nicht die Achsfasern sind, habe ich bereits oben bei Besprechung der Beziehungen zwischen den Dehnungen der Fasern und des Garnes erörtert.

2. Untersuchungen von Pappen als Material zur Bekleidung von Baracken oder beweglichen Gebäulichkeiten.

Vom stellvertretenden Vorsteher M. Rudeloff.

Im Nachstehenden mögen die Ergebnisse einiger Untersuchungen von Pappen als Material zur Bekleidung von Baracken oder beweglichen Gebäulichkeiten mitgetheilt sein, welche auf Antrag der Mechanischen Segeltuch- und Leinenweberei L. Stromeyer & Co. zu Konstanz zur Ausführung gelangten. Der Arbeitsplan, welcher den Untersuchungen zu Grunde lag, war mit den Antragstellern vorher vereinbart und in seinem Umfange den von ihnen gestellten Fragen bezüglich der Eigenschaften des Probenmaterials angepaßt. Er würde daher manche Lücken zeigen, wollte man ihn bei Prüfungen von Pappen als Bedachungs- und Verkleidungsmaterial allgemein anwenden; immerhin dürfte er aber für die Interessenten einen Anhalt bieten zum weiteren einheitlichen Ausbau des in Rede stehenden Gebietes der Materialprüfung und der hierbei anzuwendenden Verfahren. Einen Meinungsaustausch nach dieser Richtung hin anzuregen, ist der Zweck nachstehender Zeilen.

I. Das Probematerial.

Zur Prüfung wurden zwei Sorten Pappe eingereicht und zwar von der einen Sorte (gez. C U) zwei Tafeln, eine von 1030 × 1000 mm Fläche und die zweite von 540 × 220 mm Fläche, von der zweiten Sorte (gez. I) zehn Tafeln von etwa 880 × 440 mm Fläche. Die Sorte C U war nach Angabe des Antragstellers „einseitig mit einer Masse getränkt". Die getränkte Seite hatte ein fettiges Aussehen bei dunkelbrauner Farbe mit helleren Stellen. Die andere Seite war sehr rauh bei röthlich grauer Färbung. Die Sorte I war hellbraun, glatt und hart[1]).

Die Untersuchungen sollten sich nach dem aufgestellten Arbeitsplan erstrecken auf die Ermittelung:

1. der Zugfestigkeit und Dehnung in einer Richtung für den Zustand der Anlieferung, für das nasse und für das wiedergetrocknete Material;
2. der Widerstandsfähigkeit gegen Druck und Stoß für den Zustand der Anlieferung und für das nasse Material und
3. des Wasseraufnahmevermögens.

Für jede Versuchsreihe waren drei Parallelversuche in Aussicht genommen.

Das angelieferte Material der Sorte CU reichte zur Ausführung aller dieser Versuche nicht hin, daher wurde bei diesem Material von der Prüfung auf Stoßfestigkeit im nassen Zustande Abstand genommen und im Uebrigen wurden die Versuche hinsichtlich der Druck- und Stoßfestigkeit auf je zwei beschränkt. Die Entnahme der Proben aus der größeren Tafel erfolgte nach Maßgabe von Fig. 1, während die kleinere Tafel für die Untersuchung des Wasseraufnahmevermögens verwendet wurde.

Mit der Pappsorte I wurden die oben genannten Versuche sämmtlich durchgeführt. Zu diesem Zweck wurden je drei Tafeln nach Maßgabe von Fig. 2 und 3 zerlegt und außerdem

---

[1]) Nachträglich wurde die Pappe Nr. I als „Barackenpappe von L. Stromeyer & Co., Konstanz", und die Pappe CU als „sonst übliche Barackenpappe" bezeichnet.

aus einer siebenten Tafel noch drei Zugproben (Z 7—9) ebenfalls in der Längsrichtung entnommen. Ueber die Verwendung der Zerreißproben geben die Spalten 2 und 3 der Tab. 1

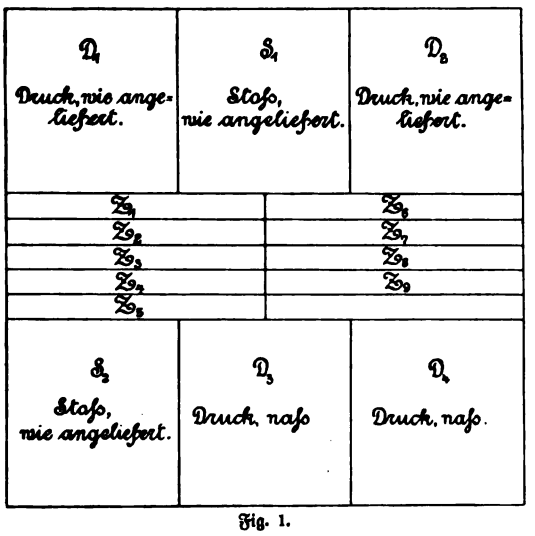


Fig. 1.

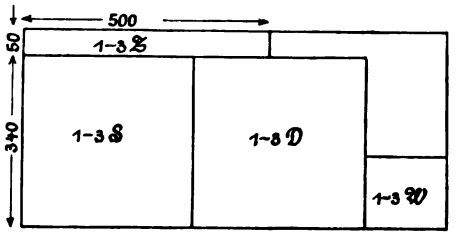


Fig. 2.

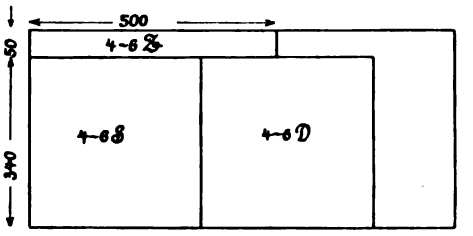


Fig. 3.

Aufschluß. Im Uebrigen wurden die Abschnitte S (Stoß) und D (Druck), welche derselben Tafel entstammten, auch in dem gleichen Zustande dem Versuch unterworfen und zwar 1, 3, 5 im trockenen und 2, 4, 6 im nassen Zustande.

II. Die Versuchsausführung.

a. Zugversuche.

Die Zugversuche wurden mit Streifen von etwa 50 mm Breite und 500 mm Gesammtlänge (370—415 mm Versuchslänge) auf der 50 t Pohlmeyermaschine ausgeführt. Die Dehnung wurde auf 250 mm Länge mittelst eines Anlegemaßstabes gemessen. Die Bruchbelastungen sind auf 2 kg genau ermittelt.

Die im nassen und nach dem Anfeuchten wieder getrockneten Zustande zu prüfenden Stücke wurden sowohl bei diesen als auch bei den übrigen Versuchen dem Antrage entsprechend zuvor vollständig unter Wasser gebracht. Die Dauer der Tränkung wurde auf eine Stunde bemessen, nachdem Vorversuche dargethan hatten, daß die Proben CU sich bei längerem Liegen in Wasser spalteten. Zum Trocknen blieben die Proben solange an der Luft, bis keine weitere Gewichtsabnahme mehr beobachtet werden konnte.

b. Druckversuche.

Zum Druckversuch wurden die Proben nach Maßgabe von Fig. 4 ringsum auf einen starken Holzrahmen R von 300 × 300 mm lichter Weite genagelt. Die Belastung erfolgte in der Mitte des überspannten Feldes mit Hülfe eines hölzernen Stempels S, dessen unteres Ende nach einem Halbmesser von 25 mm halbkugelförmig abgerundet war. In die obere Fläche des Stempels war zur Erzielung einer allzeit zentrischen Belastung eine Schraube mit hohem rundem Kopf eingeschraubt.

Die Durchbiegungen der Pappen unter den Belastungen wurden an zwei Maßstäben abgelesen, welche diametral gegenüber der Länge nach auf den Stempel aufgeklebt waren.

Tabelle 1. Ergeb

Meßlänge für die Dehnung = 250 mm.

Zeichen der Pappe	Zeichen des Abschnittes Z	Zustand der Probe	Abmessungen				Gewicht per Met. Länge im Auslieferungszustand g	Dehnung in % bei den Belastungen				
			Breite mm	Dicke mm	Ganze Länge mm	Versuchslänge mm		50	100	150	200	250
CU	1	wie angeliefert	50,3	3,4	505	400	121	0,20	0,76	—	—	—
	4		50,3	3,4	505	395	120	0,20	0,96	—	—	—
	7		50,5	3,4	502	390	122	0,24	0,88	—	—	—
	Mittel		—	—	—	**395**	**121**	**0,21**	**0,87**	—	—	—
	2	eine Stunde lang in Wasser gelegt	50,3	3,7	507	410	(122)*	1,48	—	—	—	—
	5		50,3	3,8	507	410		1,80	—	—	—	—
	8		51,0	3,7	520	425		1,44	—	—	—	—
	Mittel		—	—	—	**415**		1,57	—	—	—	—
	3	eine Stunde lang in Wasser gelegt und dann wieder getrocknet	50,9	3,5	505	400	120	0,28	0,80	—	—	—
	6		50,9	3,4	518	410	124	0,28	0,88	—	—	—
	9		51,0	3,4	518	400	124	0,20	0,80	—	—	—
	Mittel		—	—	—	**403**	**123**	**0,26**	**0,83**	—	—	—
I	1	wie angeliefert	50,3	2,8	498	360	137	0,12	0,28	0,56	1,00	1,68
	4		49,8	2,9	497	370	133	0,08	0,28	0,60	1,00	1,88
	7		49,5	3,0	495	380	146	0,08	0,24	0,40	0,72	1,28
	Mittel		—	—	—	**370**	**139**	**0,09**	**0,27**	**0,52**	**0,91**	**1,61**
	2	eine Stunde lang in Wasser gelegt	50,6	3,0	497	375	(142)*	0,12	0,40	1,08	2,56	4,64
	5		49,9	3,1	497	375		0,12	0,44	1,04	2,32	3,88
	8		49,5	3,3	497	380		0,12	0,32	1,00	2,28	4,12
	Mittel		—	—	—	**377**		**0,12**	**0,39**	**1,04**	**2,39**	**4,21**
	3	eine Stunde lang in Wasser gelegt und dann wieder getrocknet	49,3	3,0	493	370	146	0,08	0,20	0,44	0,68	1,04
	6		49,3	2,9	493	370	141	0,12	0,28	0,52	0,84	1,40
	9		49,1	3,0	492	365	147	0,08	0,20	0,44	0,68	1,24
	Mittel		—	—	—	**368**	**145**	**0,09**	**0,23**	**0,47**	**0,73**	**1,23**

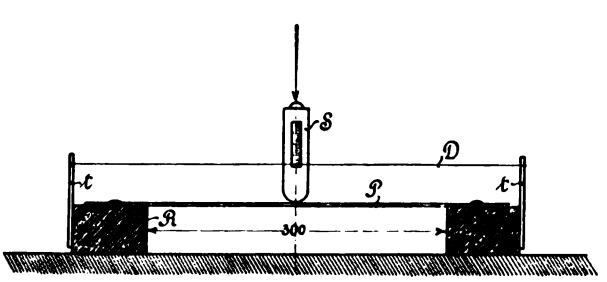


Fig. 4.

Als Ableſemarken dienten zwei feine Kratzendrähte D (ſ. Fig. 4), die an vier mit dem Holzrahmen verbundenen Stützen t parallel zu einander neben dem Druckſtempel ausgeſpannt waren. Beim Ableſen wurde das Auge in die Ebene der beiden Drähte gebracht. In der nachſtehenden Tab. 2 ſind nur die Mittelwerthe aus den beiden gleichzeitig erhobenen Ableſungen angegeben.

Die Proben aus der Pappe CU lagen mit der getränkten Seite nach oben.

c. Schlagverſuche.

Die Stoßfeſtigkeit der Pappen wurde durch Schlagverſuche ermittelt, bei denen Gewichtsſtücke (Fallgewichte) von beſtimmter Schwere aus gemeſſener Höhe auf die Papp-

*) Die Proben 2, 5 und 8 wurden nicht gewogen, daher iſt das mittlere Gewicht der anderen gleichartigen Proben hier in Anſatz gebracht und zur Berechnung der Reißlänge benutzt.

nisse der Zugversuche.

Übergeschriebenen in kg.			Bleibende Dehnung in % nach den Belastungen in kg				Bruch-belastung	Reißlänge bezogen auf das Gewicht im Anlieferungs-zustande	Bemerkungen
300	350	400	100	200	300	400	kg	m	
—	—	—	0,32	—	—	—	125	1032	Bruch im freien Theil.
—	—	—	0,40	—	—	—	120	1000	desgl.
—	—	—	0,40	—	—	—	128	1050	desgl.
—	—	—	**0,37**	—	—	—	**124**	**1027**	
—	—	—	—	—	—	—	65	533	Bruch im freien Theil.
—	—	—	—	—	—	—	50	410	desgl.
—	—	—	—	—	—	—	55	451	desgl.
—	—	—	—	—	—	—	**57**	**465**	
—	—	—	0,40	—	—	—	125	1040	Bruch im freien Theil.
—	—	—	0,44	—	—	—	125	1008	desgl.
—	—	—	0,40	—	—	—	123	992	desgl.
—	—	—	**0,41**	—	—	—	**124**	**1018**	
3,56	—	—	0,12	0,32	2,12	—	370	2700	Bruch im freien Theil.
3,48	5,00	—	0,08	0,40	2,16	—	370	2930	desgl.
2,60	4,52	—	0,08	0,20	1,48	—	390	2670	desgl.
3,21	**4,76**	—	**0,09**	**0,31**	**1,92**	—	**383**	**2767**	
6,20	—	—	0,12	1,40	4,60	—	350	2463	Bruch im freien Theil.
5,48	7,12	—	0,12	1,24	4,08	—	390	2746	Bruch nahe der Einspannung.
5,92	7,20	—	0,12	1,28	4,48	—	390	2746	Bruch im freien Theil.
5,87	**7,16**	—	**0,12**	**1,31**	**4,39**	—	**377**	**2652**	
1,44	1,76	2,88	0,04	0,16	0,48	1,80	435	2980	Bruch im freien Theil.
2,08	2,84	4,28	0,12	0,24	0,96	2,60	400	2840	desgl.
1,92	2,68	4,28	0,04	0,16	0,84	2,60	423	2880	Bruch an der Einspannung
1,81	**2,43**	**3,81**	**0,07**	**0,19**	**0,76**	**2,33**	**419**	**2900**	

proben herunter fielen, welche wie bei den Druckversuchen auf einen Holzrahmen genagelt waren.

Als Fallgewicht diente anfänglich eine eiserne sauber geschlichtete Kugel von 50 mm Durchmesser und 0,525 kg Gewicht unter Steigerung der Fallhöhe bis zu 3 m. Die große Anzahl der Schläge, welche besonders die nasse Pappe I bei dieser Schlagarbeit bis zum Durchschlagen erforderte (s. Versuch I, 2 Tab. 3), gab Veranlassung zu den weiteren Versuchen mit diesem Material einen birnenförmigen Fallkörper von 3,367 kg Gewicht zu verwenden, welcher an dem stärkeren Ende dem Durchmesser der Kugel entsprechend nach 25 mm Halbmesser abgerundet war.

Zur Einstellung der Kugel auf eine bestimmte Fallhöhe diente in Ermangelung eines hinreichend starken Elektromagneten eine hölzerne federnde Gabel, welche in annähernd wagerechter Lage von einem hölzernen Stiel getragen wurde und an diesem auf- und abwärts verschoben werden konnte. Nachdem die Gabel auf richtige Höhe eingestellt war, wurde die Kugel so zwischen die beiden Schenkel der Gabel geklemmt, daß sie senkrecht über der Mitte des mit der Pappe bespannten Rahmens stand. Das Einklemmen der Kugel erfolgte, indem die Schenkel der Gabel mit Hülfe eines dünnen Fadens zusammengeholt wurden. Zur Ausführung des Schlages wurde der Faden durchgebrannt. Die Kugel schlug, in Folge der

Tabelle 2. **Ergebnisse der Druckversuche.**

Zeichen der Pappe	Zeichen des Abschnitts D	Zustand der Probe	Durchbiegung in mm bei den Belastungen in kg										Bruchlast kg
			20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	
CU	1	wie angeliefert	14,5	19,5	—	—	—	—	—	—	—	—	45
	2		17,1	22,9	—	—	—	—	—	—	—	—	48
	Mittel		**15,8**	**21,2**	—	—	—	—	—	—	—	—	**46,5**
	3	eine Stunde lang in Wasser gelegt	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	15
	4		19,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25
	Mittel		**(19,0)**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	**20**
I	1	wie angeliefert	11,1	13,9	16,5	18,9	21,7	24,5	26,3	29,9	—	—	173
	3		7,7	10,5	13,2	15,4	17,1	18,6	20,4	22,1	23,5	25,1	203
	5		8,5	11,2	13,8	15,9	18,1	19.8	21,8	23,8	25,5	26,7	220
	Mittel		**9,1**	**11,9**	**14,5**	**16,7**	**19,0**	**21,0**	**22,8**	**25,3**	**(24,5)**	**(25,9)**	**199**
	2	eine Stunde lang in Wasser gelegt	11,6	14,3	17,3	19,8	21,8	24,2	26,2	28,4	30,6	33,4	260
	4		9,0	12,5	15,0	17,5	19,9	22,2	24,1	26,3	27,8	29,5	290
	6		10,1	13,9	16,7	19,0	20,7	22,5	23,6	26,6	28,3	30,3	220
	Mittel		**10,2**	**13,6**	**16,3**	**18,8**	**20,8**	**23,0**	**24,6**	**27,1**	**28,9**	**31,1**	**257**

dem Auseinanderfedern der Gabel verbundenen Erschütterungen von der Senkrechten abgelenkt, nicht immer genau in der Mitte der Pappe auf; die Schlagstellen lagen vielmehr in einem Umkreis von etwa 20 mm Durchmesser.

Das birnenförmige Schlaggewicht war an dem nach oben gekehrten spitzeren Ende mit einem Haken versehen. An diesem wurde es mit einem dünnen Faden aufgehängt, welcher ebenfalls durchgebrannt wurde, sobald das Gewicht sich in Ruhe befand. Zur Vermeidung eines mehrmaligen Aufschlagens des zurückgeschnellten Fallgewichtes wurde dieses nach dem ersten Aufschlagen stets abgefangen.

d. Ermittelung des Wasseraufnahme-Vermögens.

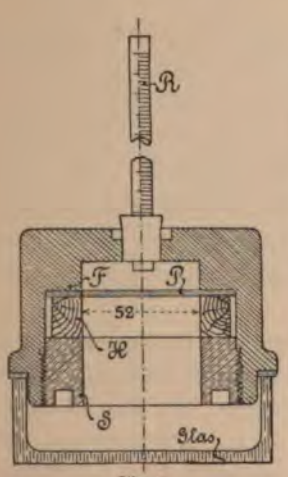


Fig. 5.

Zur Ermittelung des Wasseraufnahmevermögens wurden kreisrunde Scheiben aus den Pappen ausgestanzt und diese auf der einen Seite innerhalb gleichgroßer, abgegrenzter Flächen der Einwirkung einer Wassersäule gleicher Höhe ausgesetzt; als Maß für das Wasseraufnahmevermögen wurde das Sinken des Wasserspiegels beobachtet.

Zum Versuch wurde die Probescheibe P in einem Metallgehäuse, welches in Fig. 5 im Schnitt dargestellt ist, untergebracht und mit Hülfe eines untergelegten hölzernen Ringes H durch die Schraube S fest gegen die eingefettete Fläche F des Gehäuses gepreßt. Der cylindrische Raum von 21,2 qcm Grundfläche über der Probe und das mit einem Stopfen eingesetzte und eingekittete Rohr R wurde bis zu einer bestimmten Höhe mit Wasser angefüllt. Das Rohr war nach 0,1 ccm getheilt. An dieser Theilung wurde die von der Pappe aufgesogene Wassermenge abgelesen.

Mit jeder Pappe wurden drei Versuche angestellt und zwar wurden sie, da sechs Gehäuse zur Verfügung standen, unmittelbar hinter einander angesetzt.

Tabelle 3. Ergebnisse der Schlagversuche.

Bemerk.: Die Nummer des Schlages, bei dem der Bruch erfolgte, ist in der nachstehenden Tabelle fett gedruckt.

Zeichen der Pappe	Zeichen des Abschnittes S	Zustand der Probe	Fallgewicht kg	Angaben zu den einzelnen Schlägen.							
CU	1	wie angeliefert	0,525	Nr. des Schlages	1	2	3	4	—	—	—
				Fallhöhe in m .	0,300	0,500	1,000	1,500	—	—	—
				Arbeit in mkg für den Schlag . .	0,1575	0,2625	0,525	0,7875	—	—	—
	2		0,525	Nr. des Schlages	**1**	—	—	—	—	—	—
				Fallhöhe in m .	1,500	—	—	—	—	—	—
				Arbeit in mkg für den Schlag . .	0,7875	—	—	—	—	—	—
I.	1	wie angeliefert	0,525	Nr. des Schlages	1	2	3	4—10	11	12	13 u. 14
				Fallhöhe in m .	0,300	0,500	1,000	1,500	2,000	2,500	3,000
				Arbeit in mkg für den Schlag . .	0,1575	0,2625	0,525	0,7875	1,050	1,3125	1,575
	3		0,525	Nr. des Schlages	1	**2 u. 3**	—	—	—	—	—
				Fallhöhe in m .	1,500	3,000	—	—	—	—	—
				Arbeit in mkg für den Schlag . .	0,7875	1,575	—	—	—	—	—
	5		0,525	Nr. des Schlages	1	**2 u. 3**	—	—	—	—	—
				Fallhöhe in m .	1,500	3,000	—	—	—	—	—
				Arbeit in mkg für den Schlag . .	0,7875	1,575	—	—	—	—	—
	2	eine Stunde lang in Wasser gelegt	0,525	Nr. des Schlages	1	**2—16**	—	—	—	—	—
				Fallhöhe in m .	1,500	3,000	—	—	—	—	—
				Arbeit in mkg für den Schlag . .	0,7875	1,575	—	—	—	—	—
	4		3,367	Nr. des Schlages	1	**2—4**	—	—	—	—	—
				Fallhöhe in m .	0,300	0,600	—	—	—	—	—
				Arbeit in mkg für den Schlag . .	0,0101	2,0202	—	—	—	—	—
	6		3,367	Nr. des Schlages	1	**2—7**	—	—	—	—	—
				Fallhöhe in m .	0,300	0,600	—	—	—	—	—
				Arbeit in mkg für den Schlag . .	1,0101	2,0202	—	—	—	—	—

Bei der einseitig getränkten Pappe CU wurde dem Antrage entsprechend, die nicht getränkte Seite der Einwirkung des Wassers ausgesetzt.

Die Ergebnisse sind in Tab. 4 zusammengestellt und außerdem in Fig. 8 als Schaulinien dargestellt, wobei die in ccm angegebene Menge des von den Proben aufgesogenen Wassers als Ordinaten und die Dauer der Einwirkung in Stunden als Abscissen aufgetragen sind.

III. Die Versuchsergebnisse.

a. Zugversuche.

Die Ergebnisse der Zugversuche sind in Tab. 1 zusammengestellt und in Fig. 6 (S. 20) als Schaulinien aufgetragen und zwar sind die Beobachtungen für die Pappe CU in gestrichelten, und für die Pappe I in voll ausgezogenen Linien dargestellt. Hierbei sind die Dehnungen als

Abscissen und die Belastungen, bezogen auf die Breiteneinheit des Probestreifens, als Ordinaten aufgetragen. Die Wahl dieser Maßeinheit für die Belastung schien mir am geeignetsten zum Vergleich der Widerstandsfähigkeit der Pappen als Konstruktionstheil gegen Inanspruchnahme auf Zug, weil bei gleichartiger Verwendung etwaige Zugbelastungen immer von denselben Breiten aufzunehmen sind ohne Rücksicht auf den Querschnitt der Pappen. Zur Beurtheilung der Güteeigenschaften des Materials wird man wie bei allen Proben, deren Querschnitt nicht mit Sicherheit bestimmt werden kann, die Reißlänge in Betracht zu ziehen haben.

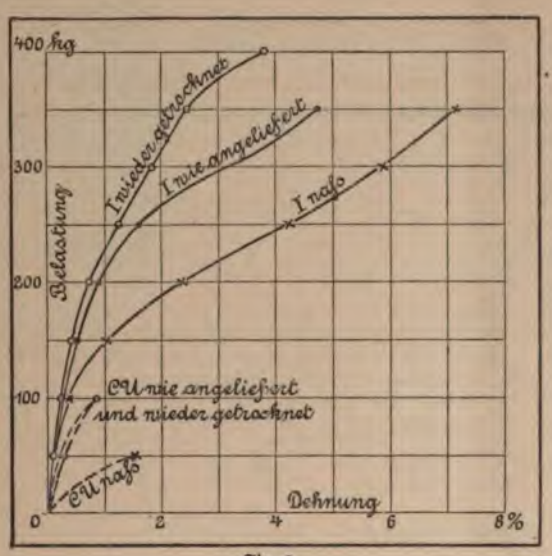


Fig. 6.

Aus den Schaulinien Fig. 6 ist nun die erheblich überwiegende Festigkeit der Pappe I ohne Weiteres zu erkennen und zwar bewahrt sie diese höhere Festigkeit in allen drei untersuchten Zuständen der Trockenheit. Durch das Anfeuchten nimmt die Dehnbarkeit beider Pappen erheblich zu; gleichzeitig geht die Zugfestigkeit, bezogen auf 1 cm Breite, gegenüber dem ursprünglichen luftfeuchten Zustande bei der Sorte CU von 24,6 kg auf 11,3 kg, d. h. um 54%, bei der Sorte I dagegen von 76,9 kg auf 75,4 kg, d. h. nur um 2% zurück. Nach dem Wiederaustrocknen hat die Pappe CU ihre ursprüngliche Festigkeit und Dehnbarkeit im lufttrockenen Zustande wieder erreicht, während die Pappe I an Festigkeit um nahezu 11%, d. h. von 76,9 kg bis 85,2 kg, zugenommen hat bei gleichzeitiger Verminderung der Dehnbarkeit besonders bei höheren Belastungen.

Die Dehnungen der Proben im Augenblick des Bruches konnten mit dem bei der vorliegenden Untersuchung zur Messung benutzten Schleppzeiger nicht ermittelt werden. Nachdem aber inzwischen eine Schoppersche Neigungswage für Belastungen bis zu 500 kg beschafft ist, werden bei ähnlichen Versuchen in Zukunft auch die Bruchdehnungen bestimmt werden.

b. Druckversuche.

Bei den Druckversuchen, deren Ergebnisse in Tab. 2 zusammengestellt und in Fig. 7 (S. 21) als Schaulinien verzeichnet sind, zeigten die Pappen I in Uebereinstimmung mit den Zugversuchen ebenfalls eine erheblich größere Widerstandsfähigkeit als die Pappen CU. Auch war wiederum die Dehnbarkeit der nassen Proben größer als die der trockenen. Für die Pappe CU war mit der Zunahme der Dehnbarkeit eine Verminderung der Festigkeit von 46,5 kg auf 20 kg, d. h. um 56%, also in gleichem Grade wie bei den Zugversuchen verbunden. Dagegen zeigten die Pappproben I bei den Druckversuchen im angefeuchteten Zustande eine um 29% größere Festigkeit als im trockenen Zustande. Eine Erklärung hierfür wüßte ich nur darin zu finden, daß der Druckstempel in Folge der größeren Durchbiegung der Proben eine größere Auflagefläche fand und daher eine bessere Vertheilung der Belastung eintrat.

c. Schlagversuche.

Um zutreffende Vergleichswerthe für die Widerstandsfähigkeit der beiden Pappen gegen Stoß zu erhalten, hätte an verschiedenen Probeabschnitten diejenige Schlagarbeit ermittelt werden müssen, mit welcher das Gewicht beim erstmaligen Aufschlagen im Stande war die Pappe zu durchdringen. Hierzu waren indessen hinreichende Mengen an Probematerial nicht zur Verfügung. Die in Tab. 3 zusammengestellten Ergebnisse liefern daher keine unmittelbaren Vergleichswerthe, sondern nur einen Anhalt zur Beurtheilung der beiden Pappen.

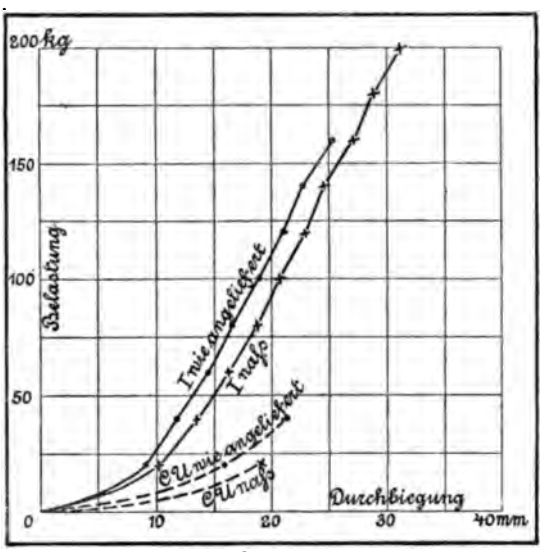


Fig. 7.

Der Umstand, daß der Abschnitt 2 der Pappe CU schon beim ersten Schlage mit $0{,}_{7875}$ mkg Arbeitsleistung zum Bruch ging, während die Proben 3 und 5 der Pappe I erst beim zweiten Schlage mit der doppelten Arbeitsleistung aufrissen, zeugt von einer erheblich geringeren Widerstandsfähigkeit der ersteren Sorte gegen Stoß. Ferner erkennt man aus dem Vergleich der von den lufttrockenen Proben 3 und 5 und von den nassen Proben 2, 4 und 6 der Pappe I bis zum Bruch ausgehaltenen Schlagarbeiten, daß auch die Stoßfestigkeit dieses Materials ebenso wie die Druckfestigkeit durch das Anfeuchten gesteigert war.

d. Das Wasseraufnahme-Vermögen.

Der Verlauf der Wasseraufnahme für gleich große Flächen beider Pappen ausgedrückt in ccm ist aus den in Tab. 4 zusammengestellten und in Fig. 8 verzeichneten Beobachtungen

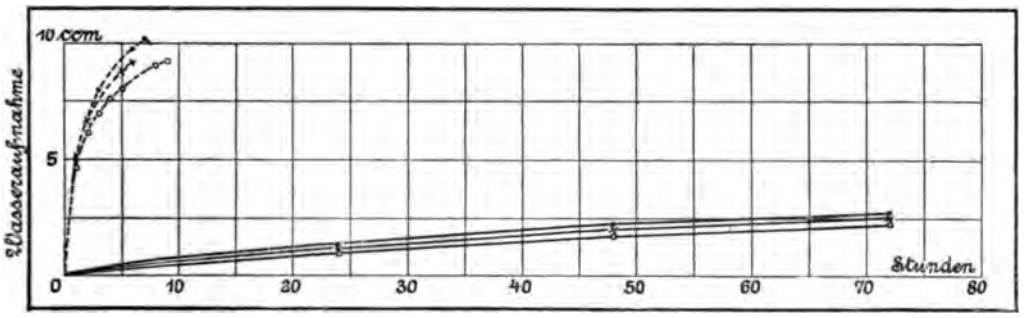


Fig. 8.

zu ersehen. Die gute Uebereinstimmung der drei zusammengehörigen Schaulinien bürgt für die Zuverlässigkeit der Versuchsausführung.

Die geringere Wasseraufnahmefähigkeit der Pappe I tritt deutlich zu Tage, wozu allerdings hervorzuheben ist, daß die Pappe CU dem Antrage entsprechend mit der ungetränkten

Tabelle 4. **Ergebnisse der Prüfung des Wasseraufnahmevermögens.**

1. Die Größe der benetzten Fläche betrug bei allen Proben 21,2 qcm.
2. Die Höhe der Wassersäule war beim Beginn der Versuche etwa = 32 cm.
3. Die Länge der Rohre reichte hin, um Ablesungen bis zu 10 ccm zu machen.

Zeichen der Pappe	Zeichen des Abschnitts W	Menge des von der Probe aufgesogenen Wassers in ccm nach der übergeschriebenen Einwirkungsdauer in Stunden.									Bemerkungen
Einwirkungsdauer		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Der dem Wasser ausgesetzte **ungetränkte** Theil der Pappe war völlig durchnäßt, er zerfiel beim Herausnehmen der Probe. Der getränkte Theil der Pappe war fest geblieben.
CU	1	5,0	6,7	8,0	—	—	9,8	10,2	—	—	
	2	5,1	6,7	—	—	8,8	9,2	—	—	—	
	3	4,8	6,2	7,0	7,7	8,1	—	—	9,1	9,3	
	Mittel	**5,0**	**6,5**	**7,5**	(**7,7**)	8,5	9,5	(**10,2**)	(9,1)	(9,3)	
Einwirkungsdauer		24	48	72	96	120	144	—	—	—	Die dem Wasser ausgesetzte Seite war naturgemäß feucht. Anderweitige Anzeichen der Wasseraufnahme waren nicht zu erkennen.
I	1	1,4	2,2	2,7	3,2	3,5	3,9	—	—	—	
	2	1,2	1,9	2,5	3,0	3,3	3,6	—	—	—	
	3	1,0	1,7	2,3	2,6	3,0	—	—	—	—	
	Mittel	**1,2**	**1,9**	**2,5**	**2,9**	**3,3**	**3,8**	—	—	—	

Seite dem Wasser ausgesetzt war. Der praktischen Verwendung der Pappe dürfte dies wohl nicht entsprechen.

Eine längere Ausdehnung der Versuche mit dieser Pappe über neun Stunden hinaus war nicht thunlich, weil der Wasserspiegel das untere Ende des Steigerohres erreicht hatte. Aus dem Verlauf der Schaulinien erkennt man, daß die Proben nach neun Stunden nahezu mit Wasser gesättigt waren. Da das aufgenommene Wasser nach unten durch die getränkte Oberflächenschicht nicht abfließen konnte, so mußte die Menge des in der Zeiteinheit aufgenommenen Wassers allmälig abnehmen.

3. Normalpapiere.

Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg.

In Heft 3 der „Mittheilungen" 1892 Seite 108 und in Heft 1 der „Mittheilungen" 1893 Seite 1 wurde eine statistische Uebersicht über die in den Jahren 1889—1892 seitens der Behörden verlangten und über die ihnen gelieferten Papierqualitäten gegeben. Unter Hinweis auf diese Arbeiten soll im nachfolgenden das Ergebniß der Zusammenstellung für das Jahr 1893 mitgetheilt werden. Ein ganz geringer Bruchtheil der im Auftrage von Behörden untersuchten Papiere konnte hierbei nicht berücksichtigt werden, da für diese eine bestimmte Stoff- und Festigkeitsklasse nicht vorgeschrieben war; indessen dürfte das Gesammtbild durch das Fehlen dieser geringen Anzahl nicht nennenswerth verändert werden.

Zusammenstellung

über die geforderten und vorhandenen Eigenschaften der im Jahre 1893 im Auftrage von Behörden untersuchten Papiere.

I. Papiere, welche besser geliefert wurden als verlangt.

A.	Bezüglich der Stoff- und Festigkeitsklasse	1 Papier	= 0,2 %	Zusammen 109 Papiere = 24,8 %
B.	" " Stoffklasse	4 "	= 0,9 "	
C.	" " Festigkeitsklasse	104 "	= 23,7 "	

II. Papiere, welche geliefert wurden wie verlangt . . 263 " = 60,1 %

Zusammen 372 Papiere = 84,9 %

III. Papiere, welche schlechter geliefert wurden als verlangt.

A.	Bezüglich der Stoffklasse	20 Papiere	= 4,6 %	Zusammen 66 Papiere = 15,1 %
B.	" " Festigkeitsklasse	35 "	= 8,0 "	
C.	" " Stoff- und Festigkeitsklasse	11 "	= 2,5 "	

Im Ganzen sind also im Jahre 1893 im Auftrage von Behörden 438 Papiere untersucht worden, deren Lieferungsbedingungen bekannt waren, und zwar wurden, wie die vorstehende Tabelle näher ergiebt,

109 Papiere = 24,8 % besser geliefert als verlangt,
263 " = 60,1 " geliefert wie verlangt und
66 " = 15,1 " schlechter geliefert als verlangt.

Den vorgeschriebenen Lieferungsbedingungen entsprachen also im Jahre 1893: 372 Papiere = 84,9 %.

Stellt man die Ergebnisse der Jahre 1889—1893 einander gegenüber, so ergiebt sich folgende Uebersicht:

Gegenüberstellung

der geforderten und vorhandenen Eigenschaften der in den Jahren 1889—1893 im Auftrage von Behörden untersuchten Papiere.

Lfd. Nr.	Jahr	Anzahl der geprüften Papiere	Besser geliefert als verlangt: bezüglich der Stoff- und Festigkeitsklasse %	bezüglich der Stoffklasse %	bezüglich der Festigkeitsklasse %	Schlechter gel. als verlangt: bezüglich der Stoffklasse %	bezüglich der Festigkeitsklasse %	bezüglich der Stoff- und Festigkeitsklasse %	Insgesammt: Besser geliefert als verlangt	Geliefert wie verlangt	Schlechter geliefert als verlangt	d. Bedingungen: genügten %	genügten nicht %
1	1889	266	1,9	3,8	4,1	15,4	24,8	8,3	9,8	41,7	48,5	51,5	48,5
2	1890	453	1,7	6,0	9,5	17,0	19,0	7,1	17,2	39,7	43,1	56,9	43,1
3	1891	440	3,9	4,5	10,0	13,9	15,4	7,5	18,4	44,8	36,8	63,2	36,8
4	1892	359	0,8	4,5	13,9	5,6	19,8	3,0	19,2	52,4	28,4	71,6	28,4
5	1893	438	0,2	0,9	23,7	4,6	8,0	2,5	24,8	60,1	15,1	84,9	15,1

Aus dieser Gegenüberstellung geht hervor, daß sich auch im Jahre 1893 das Verhältniß der vorschriftsmäßig gelieferten Papiere zu den nicht ausreichenden gegen das Vorjahr gebessert hat und zwar um mehr als in irgend einem der voraufgegangenen Jahre. Man geht wohl nicht fehl, wenn man dieses günstige Ergebniß in Verbindung bringt mit dem am 1. Januar 1893 erfolgten Inkrafttreten der „Vorschriften für die Lieferung und Prüfung von Papier zu amtlichen Zwecken", welche den Fabrikanten zwangen, mit seiner Firma (als Wasserzeichen) für die gewährleistete Güte eines jeden Bogens einzustehen. Die Verstöße, welche gegen die

Lieferungsbedingungen gemacht wurden, sind theilweise recht grober Natur, indessen ist auch hierin eine Besserung gegen das Vorjahr zu bemerken.

Nachstehend ist eine Reihe solcher Verstöße zusammengestellt.

Zusammenstellung einiger Verstöße gegen die Lieferungsbedingungen.

Laufende Nr.	Art des Papiers bezw. Verwendungszweck	Eigenschaften: verlangte Stoffklasse	verlangte Festigkeitsklasse	vorhandene Stoffklasse	vorhandene Festigkeitsklasse	Abweichung bezüglich des Stoffgehaltes	Aschengehalt zu groß um %	Reißlänge zu klein um m	Dehnung zu klein um %	Widerstand gegen Zerknittern
1	Reinschriftenpapier . .	II	3	II	5	—	—	800	0,2	3 statt 5
2	„	I	3	I	4	—	—	1235	1,1	—
3	Konzeptpapier . . .	II	4	III	5	zu viel Holzcellulose	—	—	—	3 „ 4
4	„	II	4	III	5	desgl.	—	—	0,7	—
5	Schreibpapier . . .	II	3	III	4	desgl.	—	—	0,1	4 statt 5
6	Schreibpapier . . .	II	3	III	4	zuviel Holz- und Strohcellulose	—	—	0,4	4 „ 5
7	Kanzleipapier . . .	II	3	III	4	zuviel Holzcellulose	—	—	0,1	4 „ 5
8	Packpapier	II	3	III	4	desgl.	—	330	0,2	4 „ 5
9	Standesamtsregister .	I	2	II	3	enthält Holzcellulose		390	0,5	5 „ 6
10	Packpapier	III	5	IV	6	enthält Holzschliff	—	—	0,2	—
11	„	II	3	IV	4	desgl.	4,8	880	0,3	—
12	„	II	3	IV	5	desgl.	2,9	1235	0,7	4 statt 5
13	Kanzleipapier . . .	II	3	III	5	zuviel Holzcellulose	7,0	66	0,7	3 „ 5

Während sich also, wie bereits oben erwähnt und aus den Tabellen näher hervorgeht, der Prozentsatz der den Behörden genügend gelieferten Papiere von Jahr zu Jahr etwas und im letzten Jahre ziemlich erheblich gehoben hat, ist das Verhältniß bei Lieferungen an Private seit einigen Jahren umgekehrt; hier war im Jahre 1891 der Höhepunkt mit 81,3 % genügend gelieferter Papiere erreicht; im darauf folgenden Jahre genügten nur 74,1 % und im Jahre 1893 ist ein weiterer Rückschritt zu verzeichnen, wie aus nachstehender Zusammenstellung näher hervorgeht.

Zusammenstellung

über die geforderten und gelieferten Eigenschaften der im Jahre 1893 im Auftrage von Privatleuten untersuchten Papiere.

I. Papiere, welche besser geliefert wurden als verlangt.

A.	Bezüglich der Stoff- und Festigkeitsklasse	— Papiere = — %	Zusammen 34 Papiere = 23,3 %.
B.	„ „ Stoffklasse	— „ = — „	
C.	„ „ Festigkeitsklasse	34 „ = 23,3 „	

II. Papiere, welche geliefert wurden wie verlangt . . 71 „ = 48,6 „

Zusammen 105 Papiere = 71,9 %.

III. Papiere, welche schlechter geliefert wurden als verlangt.

A.	Bezüglich der Stoffklasse	6 Papiere = 4,1 %	Zusammen 41 Papiere = 28,1 %.
B.	„ „ Festigkeitsklasse . . .	33 „ = 22,6 „	
C.	„ „ Stoff- und Festigkeitsklasse	2 „ = 1,4 „	

Im Ganzen sind also im Jahre 1893 im Auftrage von Privaten 146 Papiere untersucht worden, deren Lieferungsbedingungen bekannt waren, und zwar wurden, wie die vorstehende Tabelle zeigt,

34 Papiere = 23,3 % besser geliefert als verlangt,
71 " = 48,6 " geliefert wie verlangt und
41 " = 28,1 " schlechter geliefert als verlangt.

Den vorgeschriebenen Bedingungen entsprachen also im Jahre 1893 105 Papiere = 71,9 %.

In der Erfüllung der Bedingungen ist also gegen das Vorjahr ein weiterer wenn auch nur unbedeutender Rückschritt zu verzeichnen.

Stellt man die bei Privatlieferungen in den Jahren 1890—1893 gemachten Erfahrungen nebeneinander, so erhält man folgende Uebersicht.

Gegenüberstellung

der geforderten und vorhandenen Eigenschaften der in den Jahren 1890—1893 im Auftrage von Privaten untersuchten Papiere.

Lfd. Nr.	Jahr	Anzahl der geprüften Papiere	Besser geliefert als verlangt			Geliefert wie verlangt	Schlechter geliefert als verlangt			Den Bedingungen genügten
			bezüglich der Stoff- und Festigkeitsklasse	bezüglich der Stoffklasse	bezüglich der Festigkeitsklasse		bezüglich der Stoffklasse	bezüglich der Festigkeitsklasse	bezüglich der Stoff- und Festigkeitsklasse	
			%	%	%	%	%	%	%	%
1	1890	66	0	1,5	19,7	53,0	7,6	16,7	1,5	74,2
2	1891	96	1,04	1,04	22,92	56,3	2,1	15,6	1,0	81,3
3	1892	236	0,8	3,4	14,4	55,5	5,1	17,8	3,0	74,1
4	1893	146	0	0	23,3	48,6	4,1	22,6	1,4	71,9

Die Verstöße der 28,1 % nicht genügender Papiere gegen die Lieferungsbedingungen sind, wie auch im Vorjahre, bei Privatlieferungen ziemlich milder Natur; meist handelt es sich um geringe Abweichungen gegen die verlangten Festigkeitswerthe; die Verstöße gegen die Stoffklasse beschränken sich fast nur auf einen zu hohen Gehalt an Cellulose bei Papieren der Stoffklasse II. Daher soll auch von der Anführung einzelner abweichender Fälle, wie sie oben für Behörden gegeben sind, abgesehen werden.

4. Wasserzeichen-Papiere.

Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg.

In Heft 2 der „Mittheilungen" 1892 Seite 77 und in Heft 5 des Jahrganges 1893 Seite 257 wurde eingehend über die Erfahrungen berichtet, die in den Jahren 1891 und 1892 bei Prüfung von Papieren mit vorschriftsmäßigem Wasserzeichen gesammelt wurden. Es sei hier kurz wiederholt, daß von den im Jahre 1891 untersuchten 35 Papieren 33 oder 94,3 % die durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften besaßen und 2 oder 5,7 % nicht. Die Abweichung der Eigenschaften der beiden letzten Papiere gegen die verbürgten Werthe war eine verhältnißmäßig geringfügige; das eine hatte einen um 0,5 % zu hohen Aschengehalt und das zweite blieb im Widerstand gegen Zerknittern und Reiben um eine Stufe zurück; im Ganzen müssen also die Ergebnisse als günstig bezeichnet werden.

Im Jahre 1892 gelangten bereits 187 mit Wasserzeichen versehene Papiere zur Prüfung, von denen 163 Papiere oder 87,2 % die durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften besaßen und 24 oder 12,8 nicht.

Von den 24 Papieren, die nicht genügten, verstieß 1 = 4,2 % sowohl gegen die Stoff- als auch gegen die Festigkeitsklasse, 8 Papiere = 33,3 % verstießen gegen die Stoffklasse und 15 Papiere = 62,5 % gegen die Festigkeitsklasse.

Die Verstöße waren fast durchweg leichter Natur; meist handelte es sich um geringe Abweichungen hinsichtlich der Festigkeitswerthe, geringe Ueberschreitungen des zugelassenen Aschengehaltes und einen zu hohen Gehalt an Cellulose bei Papieren der Stoffklasse II.

Im Jahre 1893 gelangte natürlich nach dem am 1. Januar 1893 erfolgten Inkrafttreten der „Vorschriften für die Lieferung und Prüfung von Papier zu amtlichen Zwecken" eine erheblich größere Anzahl Wasserzeichen-Papiere zur Untersuchung als in den beiden Vorjahren, nämlich 525 und zwar 497, welche auf alle für Normalpapiere vorgeschriebenen Eigenschaften untersucht wurden und 28, bei denen nur einzelne Eigenschaften ermittelt werden sollten.

Die mit der ersterwähnten Anzahl gemachten Erfahrungen sind in nachfolgender Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1.

I. Papiere, bei welchen bessere Eigenschaften erreicht wurden, als das Wasserzeichen gewährleistete.

A.	Bezüglich der Stoff- und Festigkeitsklasse	— Papiere	= — %	Zusammen 119 Papiere = 23,9 %.
B.	" " Stoffklasse	— "	= — "	
C.	" " Festigkeitsklasse . . .	119 "	= 23,9 "	

II. Papiere, bei welchen die durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften vorhanden waren . . 303 " = 61,0 "

Summe 422 Papiere = 84,9 %.

III. Papiere, bei welchen die durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften nicht vorhanden waren.

A.	Bezüglich der Festigkeitsklasse . . .	49 Papiere	= 9,9 %	Zusammen 75 Papiere = 15,1 %.
B.	" " Stoffklasse	18 "	= 3,6 "	
C.	" " Stoff- und Festigkeitsklasse	8 "	= 1,6 "	

Im Ganzen genügten also im Jahre 1893: 422 Papiere = 84,9 % den durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften und 75 oder 15,1 % nicht.

Unter den 422 genügenden Papieren befanden sich 40 = 8 %, welche dem Wasserzeichen bezüglich der Festigkeit nur mit Rücksicht auf § 9 der „Vorschriften für die Lieferung und Prüfung von Papier zu amtlichen Zwecken" entsprachen, nach welchem bekanntlich die mit vorschriftsmäßigem Wasserzeichen versehenen Papiere in ihrer Reißlänge um höchstens 10 % und in ihrer Dehnung ebenfalls um höchstens 10 % nach unten hin von den verlangten Werthen abweichen dürfen.

Außer den 497 Papieren, welche vollständig untersucht wurden, gelangten im Jahre 1893 noch 27 Wasserzeichenpapiere zur Prüfung, bei denen nur einzelne Eigenschaften festgestellt werden sollten; hiervon wurden

1. 20 Papiere auf Reißlänge, Dehnung und Widerstand gegen Zerknittern,
2. 6 Papiere auf Widerstand gegen Zerknittern und
3. 1 Papier auf Reißlänge und Dehnung

geprüft.

Von den Papieren zu 1 genügten 17 und 3 genügten nicht,
" " " " 2 genügte 1 " 5 " " ;
das Papier zu 3 genügte.

Vergleicht man die in den Jahren 1891—1892 bei der Untersuchung von Wasserzeichen-Papieren gemachten Erfahrungen mit denen des Jahres 1893, so ergiebt sich folgende Uebersicht:

Jahr	Anzahl der untersuchten Wasserzeichen-Papiere	Besser als im Wasserzeichen gewährleistet %	Wie im Wasserzeichen gewährleistet %	Schlechter als im Wasserzeichen gewährleistet %	Dem Wasserzeichen entsprachen %	Dem Wasserzeichen entsprachen nicht %
1891	35	34,3	60,0	5,7	94,3	5,7
1892	187	19,79	67,38	12,83	87,17	12,83
1893	497	23,9	61,0	15,1	84,9	15,1

Der geringe Rückgang hinsichtlich der genügenden Papiere des Jahres 1893 gegen die des Jahres 1892 fällt nicht ins Gewicht, wenn man in Betracht zieht, daß die Anzahl der geprüften Papiere im Jahre 1893 fast dreimal so groß ist als 1892.

Ein Vergleich mit den Ergebnissen des Jahres 1891 entbehrt einer breiteren Grundlage, da die Anzahl der in diesem Jahre geprüften Papiere nur gering war und sich nur wenige hervorragende Firmen mit der Herstellung von Wasserzeichen-Papieren befaßten.

In nachfolgender Tabelle 2 sind die 497 vollständig untersuchten Papiere nach den Verwendungsklassen 1—4 b und nach den Firmen, von denen sie erzeugt sind, geordnet. Die Firmen, welche hierbei in Frage kommen, wurden in der Versuchsanstalt in einer beliebigen Reihenfolge in eine Liste eingetragen und mit laufenden Nummern versehen.

Aus vorstehender Tabelle ergiebt sich zunächst, daß Papiere von 45 verschiedenen Firmen zur Untersuchung gelangten; von 19 Firmen, die außer den 45 ihr Wasserzeichen angemeldet hatten, gelangten keine Proben zur Prüfung.

Im Großen und Ganzen darf man wohl den Grundsatz aufstellen, daß die Anzahl der mit einem bestimmten Wasserzeichen versehenen zur Prüfung eingereichten Papiere in gewisser Beziehung zu der Menge der von der betreffenden Fabrik überhaupt erzeugten Normalpapiere steht; von diesem Gesichtspunkt aus kämen bei der Anfertigung von Normalpapieren, wie aus Tabelle 2 hervorgeht, rund 20 Fabriken vorwiegend in Betracht.

Die Sicherheit der einzelnen Fabriken in der Herstellung von Papieren mit bestimmten Eigenschaften ist, wie die Tabelle 2 näher zeigt, recht verschieden; man muß hierbei diejenigen Firmen außer Betracht lassen, die nur mit einer geringen Anzahl von Papieren vertreten sind, da bei diesen der Zufall eine zu große Rolle spielen kann. Vergleicht man nur die Firmen, von denen mehr als 10 Papiere geprüft sind, so genügten z. B. bei Nr. 1, 2 und 33 nur 50% den durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften. Bei den übrigen Firmen finden wir dann eine Steigerung des Prozentsatzes an genügenden Papieren und bei den Firmen 5, 8, 14, 15, 29 und 35 genügen sämmtliche eingereichten Papiere den gewährleisteten Bedingungen.

Tabelle 2. Die 497 im Jahre 1893 vollständig untersuchten Wasserzeichen-Papiere, nach Firmen und Verwendungsklassen geordnet.

Firma Nr.	Anzahl der untersuchten Papiere	Den durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften		Innerhalb des Spielraums von 10 % liegen	Von den Papieren der Verwendungsklasse																							
					1			2a			2b			3a			3b			4a			4b					
		genügten	genügten nicht		genügten ohne 10 % Spielraum	genügten nur mit 10 % Spielraum	genügten nicht	genügten ohne 10 % Spielraum	genügten nur mit 10 % Spielraum	genügten nicht	genügten ohne 10 % Spielraum	genügten nur mit 10 % Spielraum	genügten nicht	genügten ohne 10 % Spielraum	genügten nur mit 10 % Spielraum	genügten nicht	genügten ohne 10 % Spielraum	genügten nur mit 10 % Spielraum	genügten nicht	genügten ohne 10 % Spielraum	genügten nur mit 10 % Spielraum	genügten nicht	genügten ohne 10 % Spielraum	genügten nur mit 10 % Spielraum	genügten nicht		
		%	%	%																								
1	14	50,0	50,0	7,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	2	3	—	4	1	1	1	1	—	—			
2	12	50,0	50,0	16,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	3	2	—	—	—	1	3	2	—	—			
3	2	50,0	50,0	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
4	15	93,3	6,7	20,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	1	—	1	—	—	4	1	1	2	1	—			
5	13	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	3	—	—	3	—	—	4	—	—			
6	35	97,1	2,9	5,7	—	—	—	6	2	—	3	—	—	14	—	—	7	—	—	2	—	—	—	—	1			
7	5	80,0	20,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	3	—	—			
8	12	100,0	—	25,0	—	—	—	2	3	—	1	—	—	4	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—			
9	7	100,0	—	42,9	—	—	—	1	2	—	2	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—			
10	4	75,0	25,0	25,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	1	—	—	1	—	—			
11	1	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—			
12	6	83,3	16,7	16,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	1	—	—	—	—	—	2	—	—			
13	1	—	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
14	39	100,0	—	23,1	—	—	—	6	4	—	3	—	—	5	5	—	8	—	—	3	—	—	5	—	—			
15	14	100,0	—	—	—	—	—	1	—	—	4	—	—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—			
16	5	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—			
17	11	90,9	9,1	9,1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	3	—	—	1	—	1	5	—	—	—	—	—			
18	2	100,0	—	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—			
19	1	100,0	—	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—			
20	3	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—			
21	1	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
22	1	100,0	—	100,0	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
23	41	85,4	14,6	2,4	—	—	—	—	—	—	1	—	—	9	—	—	5	—	—	8	—	2	11	1	4			
24	1	100,0	—	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—			
25	1	—	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—			
26	5	80,0	20,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	2	—	1			
27	5	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	2	—	—	2	—	—			
28	11	54,5	45,5	9,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	5	1	—			
29	13	100,0	—	7,7	—	—	—	1	—	—	—	—	—	4	—	—	2	—	—	4	1	—	1	—	—			
30	3	66,7	33,3	33,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—			
31	7	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	1	—	—	3	—	—	1	—	—			
32	22	59,1	40,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	6	—	4	3	—	2	4	—	—			
33	18	50,0	50,0	11,1	—	—	—	1	1	2	—	—	—	2	—	3	1	—	2	2	—	1	1	1	1			
34	1	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—			
35	22	100,0	—	—	—	—	—	10	—	—	6	—	—	6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
36	1	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
37	2	100,0	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—			
38	1	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—			
39	1	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—			
40	3	33,3	66,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	1	—	—			
41	42	97,6	2,4	9,5	—	—	—	3	1	1	3	1	—	14	—	—	8	—	—	4	2	—	5	—	—			
42	27	88,9	11,1	11,1	2	2	—	4	—	—	1	—	—	5	—	—	5	—	3	1	1	—	3	—	—			
43	33	57,6	42,4	12,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6	3	4	3	—	4	3	1	5	3	—	1			
44	31	93,5	6,5	3,2	—	—	—	3	—	—	7	—	2	5	—	—	8	1	—	2	—	—	3	—	—			
45	2	100,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—			
Sa.	497	84,9	15,1	8,0	2	2	—	40	13	4	31	3	2	102	13	18	70	1	20	60	12	23	68	5	8			

Besonders hervorzuheben ist die Firma 15 mit 14 Papieren und die Firma 35 mit 22 Papieren, deren Papiere bezüglich der Festigkeit auch ohne Inanspruchnahme des gewährten Spielraums von 10 % genügten.

Tabelle 3. Zusammenstellung der Abweichungen, welche die 75 im Jahre 1893 untersuchten, nicht genügenden Wasserzeichen-Papiere gegen die gewährleisteten Eigenschaften zeigten.

Laufende Nr.	Verwendungsklasse	Eigenschaften verlangte Stoffklasse	Eigenschaften verlangte Festigkeitsklasse	Eigenschaften vorhandene Stoffklasse	Eigenschaften vorhandene Festigkeitsklasse	Abweichung bezüglich des Stoffgehaltes	Aschengehalt zu groß um %	Reißlänge zu klein um m	Dehnung zu klein um %	Widerstand gegen Zerknittern	Firma Nr.
						A. Bezüglich der Festigkeitsklasse.					
1	4a	III	*	III	5	—	—	—	0,1	3 statt 4	1
2	3a	II	3	II	4	—	—	5	—	4 statt 5	2
3	3a	II	3	II	4	—	—	170	—	—	2
4	3a	II	3	II	4	—	—	35	—	—	2
5	4a	III	*	III	5	—	—	—	—	3 statt 4	2
6	4a	III	*	II	5	—	—	—	—	3 statt 4	2
7	4a	III	*	III	5	—	—	—	0,4	3 statt 4	2
8	2a	I	2	I	3	—	—	195	—	—	3
9	4a	III	*	III	4	—	—	—	0,2	—	3
10	4a	III	*	III	5	—	—	—	—	3 statt 4	7
11	3a	II	3	II	4	—	—	315	—	4 statt 5	10
12	3a	II	3	II	4	—	—	—	—	4 statt 5	12
13	3a	II	3	II	6	—	—	290	0,1	2 statt 5	13
14	4a	III	*	III	6	—	—	—	—	2 statt 4	23
15	4b	III	4	III	5	—	—	—	—	3 statt 4	23
16	4b	III	4	III	5	—	—	—	—	3 statt 4	23
17	4b	III	4	III	6	—	—	—	—	2 statt 4	23
18	4b	III	4	III	5	—	—	—	—	3 statt 4	23
19	4a	III	*	III	5	—	—	—	0,1	3 statt 4	28
20	4a	III	*	III	6	—	—	—	0,2	2 statt 4	28
21	4a	III	*	III	6	—	—	—	0,2	2 statt 4	28
22	4a	III	*	III	5	—	—	—	—	3 statt 4	28
23	4a	III	*	III	5	—	—	—	—	3 statt 4	28
24	4a	III	*	III	5	—	—	—	0,2	3 statt 4	30
25	3a	II	3	II	4	—	—	30	—	4 statt 5	32
26	3a	II	3	II	6	—	—	145	—	2 statt 5	32
27	3a	II	3	II	6	—	—	205	0,1	2 statt 5	32
28	3b	II	4	II	5	—	—	—	—	3 statt 4	32
29	3b	II	4	II	5	—	—	—	—	3 statt 4	32
30	3b	II	4	II	5	—	—	—	—	3 statt 4	32
31	4a	III	*	III	5	—	—	—	—	3 statt 4	32
32	4a	III	*	III	6	—	—	—	—	2 statt 4	32
33	2a	I	2	I	3	—	—	—	0,2	—	33
34	2a	I	2	I	3	—	—	—	0,3	—	33
35	4a	III	*	III	5	—	—	—	0,4	3 statt 4	33
36	4b	III	4	III	5	—	—	—	—	3 statt 4	33
37	2a	I	2	I	3	—	—	555	0,2	5 statt 6	41
38	3a	II	3	II	5	—	—	—	—	3 statt 5	43
39	3a	II	3	II	5	—	—	—	—	3 statt 5	43
40	3b	II	4	II	5	—	—	—	—	3 statt 4	43
41	3b	II	4	II	5	—	—	—	—	3 statt 4	43
42	4a	III	*	III	5	—	—	—	0,2	3 statt 4	43
43	4a	III	*	III	5	—	—	—	—	3 statt 4	43
44	4a	III	*	III	4	—	—	—	0,1	—	43
45	4b	III	4	III	6	—	—	—	—	2 statt 4	43
46	2b	I	3	I	4	—	—	—	—	4 statt 5	43
47	3b	II	4	II	5	—	—	—	—	3 statt 4	42
48	3b	II	4	II	5	—	—	—	—	3 statt 4	42
49	3b	II	4	II	5	—	—	—	—	3 statt 4	42

* Reißlänge = 3500 m, Dehnung = 2,75 %, Widerstand gegen Zerknittern =

Laufende Nr.	Verwendungsklasse	Eigenschaften verlangte Stoffklasse	verlangte Festigkeitsklasse	vorhandene Stoffklasse	vorhandene Festigkeitsklasse	Abweichung bezüglich des Stoffgehaltes	Aschengehalt zu groß um %	Reißlänge zu klein um m	Dehnung zu klein um %	Widerstand gegen Zerknittern	Firma Nr.
						B. Bezüglich der Stoffklasse.					
50	3b	II	4	III	3	Zu viel Holzcellulose.				—	1
51	3b	II	4	III	4	" " "				—	1
52	3b	II	4	III	4	" " "				—	1
53	3b	II	4	III	4	" " "				—	1
54	3b	II	4	III	2	" " "				—	17
55	4a	III	*	IV	*	—	0,3			—	23
56	3b	II	4	III	4	Zu viel Holz- und Strohcellulose.				—	32
57	3a	II	3	III	3	—	0,3			—	33
58	3a	II	3	III	3	—	0,3			—	33
59	3a	II	3	III	3	—	0,4			—	33
60	3b	II	4	III	4	Zu viel Holzcellulose.				—	33
61	3b	II	4	III	4	" " "				—	33
62	3b	II	4	III	4	Zu viel Holz- und Strohcellulose.				—	40
63	3a	II	3	III	3	" " " " "				—	43
64	3a	II	3	III	3	" " " " "				—	43
65	3b	II	4	III	4	" " " " "				—	43
66	3b	II	4	III	4	" " " " "				—	43
67	2b	I	3	II	3	Enthält " " "				—	43
						C. Bezüglich der Stoff- und Festigkeitsklasse.					
68	3a	II	3	III	4	Zu viel Holzcellulose.			0,	4 statt 5	1
69	3a	II	3	III	4	" " "			0,1	4 statt 5	1
70	4a	III	*	IV	4	—	0,3		0,	—	25
71	4b	III	4	IV	5	—	1,9			3 statt 4	26
72	3b	II	4	III	5	Zu viel Holz- und Strohcellulose.		—		3 statt 4	40
73	4a	III	*	IV	5	" " " " "	1,3			3 statt 4	43
74	4a	III	*	IV	5	" " " " "	0,8			3 statt 4	43
75	4b	III	4	IV	5	—	1,0			2 statt 4	6

Ordnet man die Papiere nach den Verwendungsklassen, so ergiebt sich, daß von den untersuchten 497 Papieren

4 Papiere zur Klasse 1 gehörten; hiervon genügten 4 und — genügten nicht,
57 " " " 2a " " " 53 " 4 " "
36 " " " 2b " " " 34 " 2 " "
133 " " " 3a " " " 115 " 18 " "
91 " " " 3b " " " 71 " 20 " "
95 " " " 4a " " " 72 " 23 " "
81 " " " 4b " " " 73 " 8 " "

Ueber die Art der Abweichungen der nicht genügenden 75 Papiere gegenüber den durch das Wasserzeichen gewährleisteten Eigenschaften giebt die vorstehende Tabelle 3 näheren Aufschluß.

Die Verstöße sind also, wie die Zusammenstellung ergiebt, fast durchweg leichter Natur. Hinsichtlich der Festigkeit handelt es sich theilweise um eine etwas zu geringe Reißlänge (Minimum 5 m, Maximum 555 m), theils um eine etwas zu geringe Dehnung (Minimum 0,1 %, Maximum 0,4 %) und theils um einen zu geringen Widerstand gegen Zerknittern (Minimum

* Reißlänge = 3500 m, Dehnung = 2,75 %, Widerstand gegen Zerknittern = 4.

1 Stufe, Maximum 3 Stufen); in 14 Fällen ist gegen 2 dieser 3 Festigkeitseigenschaften gleichzeitig verstoßen und in 4 Fällen gegen alle 3.

Als besonders auffallend könnte man wohl nur die Fälle 13, 26 und 27 bezeichnen, bei welchen, abgesehen von geringen Abweichungen in der Reißlänge und Dehnung ein „geringer" Widerstand gegen Zerknittern statt des gewährleisteten „ziemlich groß" vorhanden war.

Die Verstöße gegen die Stoffzusammensetzung beschränken sich meist auf ganz geringe Ueberschreitungen des zulässigen Aschengehaltes (Minimum 0,3 %, Maximum 1,9 %) und einen zu hohen Gehalt an Cellulose bei Papieren der Stoffklasse II, für welche bekanntlich höchstens 25 % Cellulose zugelassen sind.

Als besonders auffallend sind nur die Fälle Nr. 67 und 54 zu bezeichnen; im ersteren enthielt ein Normalpapier 2b, welches aus reinen Lumpen hergestellt sein sollte, Holz- und Strohcellulose, und im zweiten hatte ein Normalkonzept 3b einen Cellulosegehalt von etwa 80 %. Gelegentlich der Untersuchung des letzteren Papiers entspann sich zwischen dem Fabrikanten desselben und der Versuchsanstalt ein Schriftwechsel, der im Heft 3 der „Mittheilungen" 1893, Seite 170 zum Abdruck gebracht ist; der Fabrikant focht zunächst die Richtigkeit des Prüfungsergebnisses an, gab aber schließlich zu, daß das Papier thatsächlich den angegebenen Cellulosegehalt hatte.

Hinsichtlich der Verstöße gegen die gewährleisteten Eigenschaften ist also auch im Jahre 1893 ein bessernder Einfluß des Wasserzeichens unverkennbar, denn die in den früheren Jahren gelieferten Papiere ohne Wasserzeichen zeigten erheblich gröbere Abweichungen, wie in früheren Abhandlungen gezeigt wurde („Mittheilungen" 1892 Heft 3 Seite 108 und 1893 Heft 1 Seite 1).

Aus der Tabelle 3 ergiebt sich ferner, daß sich die nicht genügenden 75 Papiere auf 20 verschiedene Firmen vertheilen, wobei besonders auffällt, daß bei den Papieren der Stoffklasse II, welche wegen eines zu hohen Gehaltes an Cellulose beanstandet werden mußten, im wesentlichen nur 3 Firmen, nämlich Nr. 1, 33 und 43, und bei den Papieren, welche wegen zu geringen Widerstandes gegen Zerknittern nicht genügten, im wesentlichen nur 6 Firmen in Frage kommen, nämlich Nr. 2, 23, 28, 32, 42 und 43.

Diese Thatsache sollte bei Einwendungen, welche sich gegen den Widerstand gegen Zerknittern und die Schätzung des Cellulosegehaltes im Papier richten, nicht außer Acht gelassen werden.

---

5. Entscheinungs- und Parfümirungsmittel in Schmiermaterialien und Einfettungsstoffen.

Vom Abtheilungsvorsteher Dr. Holde.

Wie aus den neueren Handbüchern über Schmiermitteluntersuchung zu ersehen ist und auch bei den in der Versuchsanstalt ausgeführten Prüfungen Bestätigung fand, benutzt man in der Praxis zur Beseitigung der Fluorescenz von Mineralölen das Nitronaphtalin $C_{10} H_7 NO_2$, zur Verdeckung eines unliebsamen oder charakteristischen Fettgeruches das Nitrobenzol $C_6 H_5 NO_2$. Das letztere ist an seinem bittermandelölartigen Geruch leicht zu erkennen; es mag bemerkt sein, daß auch beim Schütteln mit Nitrobenzol stark fluorescirendes amerikanisches Mineralöl sofort seine Fluorescenz verlor. Von industrieller Sei-

nicht langer Zeit indessen in Abrede gestellt worden[1]), daß man Nitrobenzol zum Zwecke der Fluorescenzbeseitigung oder Entscheinung, wie der handelstechnische Ausdruck lautet, Mineralölen zusetzt. Neuerdings theilt aber Roßmäßler[2]) mit, daß man 1887 von England aus sog. duble refined crystals, aus Nitrobenzol und Nitronaphthalin bestehend, als Entscheinungsmittel in den Handel gebracht hat.

Das Nitronaphtalin besitzt gegenüber dem Nitrobenzol als Entscheinungsmittel zu Täuschungszwecken den Vorzug, durch seinen Geruch kaum erkennbar zu sein, es riecht schwach aromatisch und wenig charakteristisch, krystallisirt in schön gelben feinen Nadeln und muß in den Mineralölen warm aufgelöst werden, damit es deren Fluorescenz beseitigt. Die so behandelten Oele haben den Mangel, bald stark nachzudunkeln, ein Umstand, welcher der Verfälschung von fetten Oelen mit Mineralölen hindernd in den Weg tritt — insoweit überhaupt nur die sich meist auf äußere Erscheinungen gründende kaufmännische Beurtheilung der Reinheit in Frage kommt.

In der neuerdings stark angewachsenen Litteratur über Untersuchung von Fettstoffen, speziell von Schmiermitteln, ist auch auf die Gegenwart von Nitronaphtalin eingegangen worden[3]). Man schlägt vor, die Alkohollöslichkeit des Nitronaphtalins zu seiner Erkennung zu benutzen; da nämlich Mineralöle sich nur wenig in hochprozentigem Alkohol bei Zimmerwärme lösen, soll bei Gegenwart von Nitronaphtalin letzteres aus dem eingedampften alkoholischen Auszug in charakteristischen gelben Krystallen gewonnen werden.

Nach einem anderen Vorschlage soll der alkoholische Auszug qualitativ mittelst der Berlinerblau-Reaktion auf die Gegenwart von Stickstoff geprüft werden, welches Element nur bei Gegenwart von Nitronaphtalin gefunden werden soll.

Beide Verfahren erscheinen nach den hiesigen Erfahrungen unzureichend. Wenn z. B. in einem Schmiermittel oder Einfettungsstoff, wie es ja wirklich vorkommt, alkohollösliche Oele, z. B. Rizinusöl, Harzöl, Braunkohlentheeröl ꝛc. vorkommen, erhält man selbst bei Gegenwart von Nitronaphtalin durch Alkoholextraktion nur ölige Extrakte, welche die Krystallisation des Nitronaphtalins verhindern[4]). Abgesehen davon erscheint das Auftreten von gelblich gefärbten Krystallen im alkoholischen Extrakt keineswegs als sicherer Beweis für das Auftreten von Nitronaphtalin, wenn nicht die Krystalle des letzteren genauer ihrer geometrischen Form nach gegenüber den Krystallen von Salzen und anderen Körpern gekennzeichnet sind, welche sich in den Mineralschmierölen in Folge der Raffination oder sonstiger Einflüsse gebildet haben können. Was schließlich den zweiten, auf den Nachweis von Stickstoff gegründeten Vorschlag anbetrifft, so dürfte bei der Mannigfaltigkeit der stickstoffhaltigen organischen Substanzen die Feststellung des Stickstoffs in einem Schmieröl die Gegenwart des Nitronaphtalins höchstens wahrscheinlich, nicht aber sicher erscheinen lassen.

Die vorgenannten Zweifel an der Zuverlässigkeit der bisherigen Methoden rufen das Bedürfniß nach einem zuverlässigen Verfahren zum Nachweis der Nitrokörper, insbesondere des Nitronaphtalins, hervor. Eine sehr geeignete Handhabe in dieser Richtung bieten nach neueren Versuchen mit verschiedenen Nitronaphtalin-haltigen und Nitronaphtalin-freien Schmier-

[1]) Kißling, Chem. Ztg. 1892, S. 1415.

[2]) Die Petroleum- und Schmierölfabrikation, Leipzig 1893.

[3]) Benedikt, Analyse der Fette 1892. Künkler, Schmiermitteluntersuchung, Mannheim 1893. Schädler, Untersuchung der Fette ꝛc. 1892.

[4]) Man benutzt das Nitronaphtalin auch zur Entscheinung des alkohol-löslichen Harzöles, wie Versuche gezeigt haben.

und Einfettungsstoffen zwei in der analytischen und synthetischen organischen Chemie schon lange bekannte Reaktionen dar. Ueber die mit diesen Reaktionen hier gewonnenen Erfahrungen soll im Nachfolgenden berichtet werden.

Reaktion 1.

Die aromatischen Nitrokörper — allgemeine Formel $R—NO_2$ —, zu denen die hier in Frage kommenden Nitrobenzol $C_6H_5NO_2$ und Nitronaphtalin $C_{10}H_7NO_2$ gehören, gehen durch geeignete Reduktionsmittel, z. B. konzentrirtes alkoholisches Kali, in die roth gefärbten Azoverbindungen über. Nach Richter[1]) soll Nitronaphtalin allerdings hiervon eine Ausnahme machen. Nach Schultz[2]) bewirken auch Natriumamalgam oder Zinkstaub und alkoholisches Kali, welche die übrigen Nitrokörper zu Azokörpern reduziren, keine Reduktion zu Azonaphtalin, wohl aber wird die Reduktion durch Zinkstaub allein erreicht. Bei den nachstehenden Versuchen wurden mit Nitronaphtalin durch konzentrirtes alkoholisches Kali nach 1—2 Minuten langem Kochen Rothfärbungen erhalten; diese Erscheinung weist zwar auf die Bildung von Azonaphtalin hin, kann jedoch auch ihren Grund in gewissen noch wenig erforschten neben einander verlaufenden Reduktionsprozessen haben. Mit verdünnten alkoholischen Laugen wurden keine Rothfärbungen erhalten. Die Konzentration der alkoholischen Kalilauge kommt also bei der Bildung der rothen Substanzen aus Nitronaphtalin in Betracht. Nitrobenzol gab auch mit verdünnterer alkoholischer Lauge Rothfärbung.

Kocht man reine helle Mineralöle etwa 1—2 Minuten im Reagensglas mit 2—3 ccm konzentrirtem alkoholischen Kali[3]), so erhält man gelbe bis braungelbe Lösungen, ebenso verhalten sich die meisten fetten Oele, nur bei wenigen Produkten, z. B. Thranen, wurden gelbrothe bis blutrothe Färbungen nach längerem Kochen beobachtet.

Nitronaphtalin, Nitrobenzol sowie die mit diesen Stoffen versetzten Oele und Fette gaben nach kurzem Kochen ($^1/_2$—$1^1/_2$ Minuten) mit alkoholischer Kalilauge[4]) blutrothe bis violettrothe Färbung, hierbei wurden insbesondere die an den Innen-Wandungen des Reagensglases über der Hauptflüssigkeitsmenge haftenden Tröpfchen der Mischungen von Fett und alkoholischem Kali sofort rothviolett gefärbt, wenn man die entsprechende Stelle der Außenwand des Gläschens vorübergehend mit der Gasflamme bestrich. Die letztgenannte Erscheinung wurde bei den von Nitrokörpern freien Oelen nie beobachtet.

Da indessen Farbenreaktionen von fetten Oelen nach früheren Erfahrungen je nach der Art des Materials erheblichen Schwankungen unterworfen sind und möglicherweise bei anderen Fettprodukten, welche hier nicht zur Verfügung stehen, ähnliche rothviolette Färbungen erhalten werden könnten, so möchte ich mir erlauben, die vorstehend beschriebene Reaktion zunächst nur als passende Vorprobe zum Nachweis von Nitrokörpern in Schmiermitteln ꝛc. in Vorschlag zu bringen. Die oben kurz skizzirte Ausführung nimmt 2—3 Minuten in Anspruch, und wird bei negativem Ergebniß schon viel Zeitersparniß herbeiführen.

Die vollständige Sicherheit bezüglich der Anwesenheit der Nitrokörper, speziell des Nitronaphtalins bietet die folgende Reaktion.

---

[1]) Chemie der Kohlenstoffverbindungen, 1888. S. 627.

[2]) Ber. d. Deutsch. chem. Ges. 17, 478.

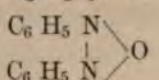
[3]) Zur Bereitung des alkoholischen Kalis werden 10 g Kalihydrat in möglichst wenig Wasser gelöst und mit 100 ccm absol. Alkohol verdünnt, oder eine kleine Messerspitze gepulverten Alkalis wird in 2—3 ccm Alkohol aufgekocht.

[4]) Desgl.

Reaktion 2.

Durch starke Reduktion der Nitrokörper (mittelst naszirenden Wasserstoffs) erhält man die entsprechenden Amidoverbindungen; man erhält so aus Nitrobenzol $C_6H_5NO_2$ — das Anilin $C_6H_5NH_2$, aus α-Nitronaphtalin $C_{10}H_7NO_2$ das α-Naphtylamin $C_{10}H_7NH_2$.

Die bei der Reaktion 1 erhaltenen Azokörper bilden, wie das nachfolgende Schema zeigt, gleichsam den Uebergang zu den Amidokörpern:

$C_6H_5NO_2$		C_6H_5N ‖ C_6H_5N	C_6H_5NH | C_6H_5NH	$C_6H_5NH_2$
Nitrobenzol	Azoxybenzol	Azobenzol	Hydrazobenzol	Anilin

Bereits an einer früheren Stelle[1]) war gezeigt worden, daß Nitrobenzol in Fetten durch diese Reaktion in Bestätigung der Geruchsprobe erkannt wurde, indem das bei der Reduktion entstehende Anilin die charakteristische Violettfärbung mit Chlorkalk gab. Es handelte sich nun darum, α-Nitronaphtalin auf ähnliche Weise durch Ueberführung in das Amin zu erkennen. Hierzu boten die äußeren Erscheinungen des α-Naphtylamins, speziell sein starker an Naphtalin erinnernder Geruch und seine Reaktion mit Eisenchlorid — schöne Azurblaufärbung mit späterem Uebergang in Rothviolett — wiederum eine gute Handhabe dar, wie sich bei den nachfolgend beschriebenen Versuchen zeigte:

Einige ccm des zu untersuchenden Fettes werden im Erlenmeyer-Kolben mit Zink und Salzsäure (1 Theil konzentrirte und 1 Theil verdünnte Säure) unter Hinzufügung eines Stückchen Platindrahtes auf dem Drahtnetz durch eine neben den Kolben gestellte Flamme etwa zehn Minuten lang lebhaft gekocht. Hierdurch wird etwa vorhandenes Nitronaphtalin reduzirt. Das beständige Erhitzen mit der Flamme ist unerläßlich, weil sonst die Wasserstoffentwickelung oft fast ganz aufhört, wahrscheinlich in Folge Adhärirens feiner Oelhäutchen am Zink. Die wässrige, bez. salzsaure Lösung enthält nun bei vorheriger Gegenwart von α-Nitronaphtalin im Oel neben Zinkchlorid salzsaures α-Naphtylamin in Lösung, während das von Nitronaphtalin ganz oder theilweise befreite Fett oben schwimmt.

Die salzsaure Lösung wird mittelst Scheidetrichter von der Fettschicht sorgfältig getrennt und evtl. noch von emulgirten Oeltheilchen durch Filtration befreit. Dann wird die Lösung in einem zweiten Scheidetrichter mit soviel Kali- oder Natronlauge versetzt, daß das gefällte Zinkhydroxyd wieder gelöst wird. Nach dem Abkühlen wird die Lösung, welche nunmehr das durch Kalilauge in Freiheit gesetzte α-Naphtylamin enthält und dessen deutlichen Geruch zeigt, mit 10—20 ccm Aether tüchtig geschüttelt. Das α-Naphtylamin geht hierbei in den Aether über und ertheilt diesem eine violette Färbung mit Fluorescenzerscheinung. Die ätherische Lösung wird nach dem Ablassen der wässrigen alkalischen Lösung in einer kleinen Glasschale zur Trockne eingedampft. Es bleibt zurück violett gefärbtes, stark riechendes α-Naphtylamin. Behandelt man dieses mit wenigen Tropfen Salzsäure, so erhält man theilweise gelöstes, theilweise ungelöstes salzsaures Salz, welches jedoch nach dem völligen Verdampfen der Salzsäure mit Wasser eine klare Lösung giebt, in welcher Eisenchlorid einen starken azurblauen Niederschlag hervorruft. Dieser Niederschlag nimmt abfiltrirt alsbald eine purpurrothe Färbung an, während das Filtrat eine schön violette Färbung zeigt. Im Gegensatz hierzu giebt Anilin mit Eisenchlorid einen anfänglich grünen, später tief blau werdenden Niederschlag, welcher auch nach längerem Stehen nicht purpurroth wird. Ins-

[1]) „Mittheilungen" 1892. S. 186.

besondere ist das Filtrat dieses Niederschlages nicht violett, sondern nur gelb gefärbt. Bei Mischungen von α-Naphtylamin und Anilin ist der Niederschlag längere Zeit als bei reinem α-Naphtylamin azurblau und wird dann zunächst schmutzig rothbraun, später auch purpurroth; das Filtrat ist violett gefärbt. Reines Anilin löst sich, im Gegensatz zu Naphtylamin, auch bei Zusatz von wenigen Tropfen Salzsäure leicht ohne vorherige Verdampfung der Säure völlig auf.

Bei nicht Nitronaphtalin-haltigen Oelen habe ich keines der erwähnten charakteristischen Zeichen der Naphtylaminbildung beobachten können.

Die Erkennung von Nitrobenzol und Nitronaphtalin neben einander ist nach den verschiedenen oben gegebenen Merkmalen ohne Schwierigkeit zu bewerkstelligen.

Das auf die beiden Reaktionen 1 und 2 gegründete Verfahren zum Nachweis der Nitrokörper, insbesondere des Nitronaphtalins, bietet neben der größeren Sicherheit gegenüber den früheren Methoden noch die Vortheile größerer Ersparnisse von Zeit und Material.

In folgenden der Versuchsanstalt eingelieferten Stoffen wurde Nitronaphtalin auf vorstehende Weise nachgewiesen:

1. Scheinlos gemachtes schottisches Mineralöl,
2. Raffinirtes, fast geruchloses und scheinfreies Harzöl,
3. Einfettungsschmiere für Leder ꝛc.

Nitrobenzol wurde, wie schon früher mitgetheilt[1]), in einem Treibriemenadhäsionsfett gefunden.

Nachtrag. Während die vorstehende Arbeit bereits im Manuskript vorlag, erschien in den „Chemical News" vom 22. Dezember 1893 S. 297 eine kurze Notiz über den gleichen Gegenstand von Normann Leonhard. Leonhard's Vorschläge stimmen z. T. mit den oben unter Reaktion 2 angegebenen überein. Er weist nämlich das Nitronaphtalin auch durch Ueberführung in Amin und Verhalten des letzteren gegen Eisenchlorid nach, doch setzt er das Eisenchlorid direkt zu der mit Ammoniak neutralisirten salzsauren Lösung, die er bei der Reduktion des Fettes erhalten hat. Zur weiteren Vergewisserung isolirt er jedoch noch Naphtylamin aus einem zweiten Theil der salzsauren Lösung, und prüft dessen Verhalten zu salpetriger Säure. Von der Anwendung der letzteren Reaktion hatte ich absichtlich Abstand genommen, weil ich durch die von mir angegebenen Erscheinungen bei Abscheidung des Naphtylamins durch Kalilauge und der nachfolgenden Behandlung mit Aether ꝛc. die ursprüngliche Gegenwart des Nitronaphtalins für genügend erwiesen erachtete.

Im Uebrigen bieten der von Leonhard und mir unter „Reaktion 2" angegebene Prüfungsweg bei gleicher Sicherheit keine erheblichen Unterschiede hinsichtlich der Bequemlichkeit der Versuchsausführung, so daß es dem Belieben des einzelnen Experimentators zu überlassen ist, welches Verfahren er anwendet. Dagegen wird es von Vortheil sein, die von mir unter „Reaktion 1" angegebene kurze Vorprobe immer zu benutzen, weil man bei negativem Ergebniß die weitere Untersuchung nicht auszuführen braucht.

Natürlich läßt sich auch das auf Ueberführung des Nitronaphtalins in Naphtylamin beruhende Verfahren in verschiedenen Richtungen variiren. So schlug z. B. Professor Witt vor, statt Zink und Salzsäure das noch leichter und stärker reduzirende Gemisch von Zinnchlorür und Salzsäure zur Reduktion, und zum Nachweis des Naphtylamins die Azobenzolsulfosäure anzuwenden, welche charakteristische Färbung mit Naphtylamin giebt.

[1]) „Mittheilungen" 1892. S. 186.

6. Zur Kenntniß des Sonnenblumenöls.

Vom Abtheilungsvorsteher Dr. D. Holde.

Die Kultur der Sonnenblume wird bekanntlich seit langer Zeit in Rußland wegen des aus den Samen zu gewinnenden vorzüglichen Speiseöls in einträglicher und ausgiebiger Weise betrieben. Wenn nun auch, wie aus Schädlers[1]) Angaben zu ersehen ist, Deutschland nicht unbeträchtlich an der Benutzung des Oeles betheiligt ist, so ist man doch erst in neuester Zeit dem Gedanken praktisch näher getreten, auch im eigenen Lande größere Kulturen dieser so nützlichen Pflanze anzulegen. Selbstredend kann das Sonnenblumenöl auch seinerseits als Verfälschungsmittel für höherwerthige Speisefette und Schmieröle benutzt werden. So glauben z. B. Jolles und Wild[2]) das Oel sicher in einer Margarineprobe nachgewiesen zu haben. Bei Schmierölen muß das Oel wegen seiner trocknenden Eigenschaften als schädlicher Zusatz betrachtet werden.

Zur Kontrole und Ergänzung der bisherigen Angaben, insbesondere auch zur Feststellung des früher noch nicht untersuchten Flüssigkeitsgrades nach Engler und des Ausdehnungsvermögens wurde ein in der Versuchsanstalt durch Extraktion aus den Samen hergestelltes, also zweifellos reines Oel untersucht. Das Samenmaterial wurde dem Institut in bereitwilligster Weise von dem eifrigen Förderer der Sonnenblumenkultur in Deutschland, Herrn Kiesgrubenbesitzer Körner in Rixdorf, im Herbst vorigen Jahres zur Verfügung gestellt. Die Extraktion geschah im Soxhletschen Apparat, anfänglich mittelst Schwefeläther, später mit bis 50 C° siedendem Petroläther, weil das mit letzterem gewonnene Produkt immer heller war und angenehmeren Geruch zeigte. Das Oel wurde wiederholt durch Filtration geklärt. Die in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellten Ergebnisse weisen dem Sonnenblumenöl die Stellung neben dem Mohnöl zu, dem es in allen Eigenschaften, insbesondere auch im Flüssigkeitsgrad und Ausdehnungskoeffizienten fast völlig gleicht. Jolles und Wild fanden im Gegensatz zu meinem Befunde und demjenigen von De Negri und G. Fabris[3]), welche wie die Versuchsanstalt mit selbst aus Samen gewonnenen Oelen gearbeitet haben, positiven Befund bei der Bechiprobe. Es erscheint nicht ausgeschlossen, daß Jolles und Wild bei Ausführung ihrer Versuche noch nicht die neueren, sehr wichtigen Angaben von G. De Negri und G. Fabris[4]) über die Ausführung der Bechiprobe zugänglich gewesen sind, und auf diesen Umstand die abweichende Beobachtung zurückzuführen ist. Auch wäre noch eine Identifizirung des Ursprunges des von ihnen untersuchten Oeles erwünscht.

Angaben bez. Befund von	Prozentgehalt der Samen an Oel, gepreßt aus enthülsten Samen	Prozentgehalt der Samen an Oel, extrahirt aus den nicht entHülsten Samen	Aeußere Erscheinungen, Geruch und Geschmack	fe = Flüssigkeitsgrad nach Engler (Wasser von 20 C° = 1)	Verhalten in der Kälte	Spez. Gewicht bei 15 C°	Jodzahl des Oeles	Verseifungszahl	Bechi-Reaktion	Milliau-Reaktion	Verharzung in dünner Schicht	Säuregehalt % Oelsäure	Ausdehnungskoeffiz. zw. 20 und
Schädler	Deutsch 33,5 Russisch 34,3	26—27	klar, blaßgelb bis hellgelb, fast geruchlos, eigenartiger milder Geschm.	—	Verdickt beim Abkühlen, ist bei —16° erstarrt	0,9260	128—130	193	—	—	mittelmäßig trocknend	—	—
Versuchsanstalt (mit Petroläther extrahirtes Oel)	—	26—28	weingelb, klar, angenehmer Geschmack	C° fe 20 8,2 30 5,5 40 3,9 50 3,1	Bei —5 C° klar, bei —10 C° trübe, leicht fließend, bei —17 C° z. Th. erstarrt	0,9240	135	193	negativ	Gelbfärbung mit bräunlichem Schimmer	Bei Zimmerwärme nach 5 Tagen z. Th. fest geworden.	5,6	746 bis 760
Benedikt	—	—	klar, hellgelb, angenehm riechend, milder Geschm.	—	Erstarrt bei —16°	0,9262	129—133 (n. Spüller u. Dietrich)	193	—	—	langsam trocknend	säurefrei	—
G. De Negri u. G. Fabris	—	—	klar, hellgelb, fast geruchlos	—	—	0,9260	120	188—189 (gepreßt u. extrah.)	negativ	negativ	—	—	—

[1]) Technologie der Fette und Oele des Pflanzen- und Thierreiches, 1883, S. 525, und 1892, S. 709.
[2]) Chem.-Ztg. 1893, **17**, 879.
[3]) Publicazione del Laboratorio Chimico Centrale delle Gabelle, II Parte, Gli Olii, Roma 1893.
[4]) Desgl.

Für die Redaktion verantwortlich: **A. Martens.** — Verlag von **Julius Springer** in Berlin.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

XII. Jahrgang. **1894.** Zweites und drittes Heft.

Bekanntmachung.

Die in den Vorschriften für die Benutzung der Königlichen chemisch-technischen Versuchsanstalt vom 3. Februar 1888 (Mittheilungen aus den Königlichen technischen Versuchsanstalten zu Berlin, Jahrgang 1888 S. 17 ff.) für Anträge auf Tintenprüfung unter Nr. 3 Abs. 5 gegebene Bestimmung: „Die Herstellungsweise der Tinte ist genau anzugeben" ist aufgehoben, was wir hiermit zur öffentlichen Kenntniß bringen.

Berlin, den 15. Juni 1894.

Königliche Kommission zur Beaufsichtigung der technischen Versuchsanstalten.
Wehrenpfennig.

---

1. Bericht über die Ergebnisse von Vorversuchen über die Festigkeitseigenschaften von Kupfer.

Erstattet vom Vorsteher Professor A. Martens.

Der Herr Minister für Handel und Gewerbe hatte durch Erlaß vom 15. April 1889 (A 937) die Absicht zu erkennen gegeben, über die Eigenschaften des Kupfers eine eingehende Untersuchung anstellen zu lassen. Er forderte unter Vorlage eines Schriftwechsels mit den Dampfkessel-Ueberwachungs-Vereinen und eines Gutachtens der Königlichen Technischen Deputation für Handel und Gewerbe die Königliche Kommission zur Ueberwachung der technischen Versuchsanstalten auf, den Entwurf eines Versuchsplanes einzureichen. Dieser Arbeitsplan wurde vom Berichterstatter aufgestellt und am 29. Mai 1889 eingereicht. Am 26. Januar 1890 traf der Auftrag ein, zunächst die in dem Arbeitsplan in Aussicht genommenen Voruntersuchungen in Angriff zu nehmen. Damals war beabsichtigt, diese Versuche in längstens Jahresfrist zu erledigen. Indessen der Betrieb der Anstalt nahm in solchem Maße zu, daß es unmöglich wurde, die Versuche hinter einander zur Ausführung zu bringen, wenn nicht die Bewältigung der laufenden, auf Antrag von Behörden und Privaten auszuführenden

Materialprüfungen eine Stockung erfahren sollte, was als unzulässig erachtet wurde. Die Vorversuche mit Kupfer konnten daher leider erst zu Ende geführt werden, als die Maschinen und das Personal der Anstalt vermehrt und die inzwischen angehäuften Aufträge erledigt waren.

Von den Vorgängen, welche Veranlassung zur Aufnahme der Versuche über die Eigenschaften des Kupfers wurden, sei hier Folgendes mitgetheilt.

Gelegentlich der Prüfung eines großen kupfernen Trockencylinders, dessen polizeiliche Abnahme wegen zu geringer Wandstärke versagt werden mußte, hatte der zuständige Beamte es als einen wesentlichen Uebelstand bezeichnet, daß über die absolute Festigkeit, die Elasticitätsgrenze und die zulässige Belastung des Kupferbleches im weichen und gehämmerten Zustande in der technischen Literatur weit auseinandergehende Angaben gemacht wurden. Er machte auf die Nützlichkeit neuer Versuche aufmerksam, deren Ausführung von der technischen Deputation und vom Centralverband der preußischen Dampfkesselvereine dringend befürwortet wurde, indem sie zugleich baten, die Versuche auf möglichst breiter Grundlage auszuführen. Die technische Deputation brachte zunächst die Aufnahme von Vorversuchen in Vorschlag, durch welche der Einfluß der Art der Versuchsausführung sowie die Möglichkeit der Erzielung eines normalen Materialzustandes festgestellt werden sollte. Hieran sollte sich dann die Untersuchung der vorzugsweise auftretenden Handelskupfersorten (Mansfeld, Lake, Arizona, Engl. best electet, Chile, Wallowo, Rio Tinto-Thaisis), sowohl im Rohzustande als bearbeitet anschließen.

Der Centralverband Deutscher Dampfkessel-Ueberwachungsvereine faßte die Berichte der Einzelvereine zusammen, indem er anführte:

> „Die Vereine stimmen darin überein, daß die in der technischen Fachliteratur angegebenen Zahlen von einander abweichen, und es äußerst wünschenswerth ist, daß Versuche angestellt werden zur Ermittelung von Zahlen, welche für Kupferblechprüfungen als Norm dienen sollen .... daß die anzustellenden Versuche auch ausgedehnt werden sollen auf die meist angewandten Löth- oder Nietnähte, ferner auf Stangen-, Platten- und Röhrenform, sowie auf Kupferdraht."

Unter den von den Dampfkessel-Ueberwachungsvereinen mitgetheilten Erfahrungen interessirt hier namentlich das Folgende.

Der Dampfkesselverein zu M.-Gladbach theilt mit, daß ein (Kupfer-) Cylinder bei der Wasserdruckprobe bei weit höherer Belastung, als sie in technischen Handbüchern angegeben sei, keine Formänderung zeigte, und daß ferner Apparate seit längeren Jahren ohne jeden Unfall unter einer Belastung gearbeitet hätten, welche erheblich höher war, als die in Fachschriften angegebene Elasticitätsgrenze. Der Oberingenieur des Vereins führte mit Streifen aus Blech, wie es gewöhnlich zu Trockencylindern verwendet wird, einige Versuche aus. Die Streifen wurden in drei Gruppen vertheilt. Die Streifen der ersten Gruppe blieben im ursprünglichen weichen Zustande, die der zweiten Gruppe wurden in einer Kupferschmiedewerkstatt schwach und die der dritten stark gehämmert. Von jeder Gruppe wurde hierauf die halbe Zahl der Streifen quer durchgeschnitten und dann wieder in der üblichen Weise mit Hartloth verlöthet, nachdem sie vorher so bearbeitet waren, daß sie in einander griffen.

Tabelle 1. **Versuchsergebnisse.**

Materialzustand	Spannungen in kg/qmm		σ_S/σ_B
	Elasticitätsgrenze[1] σ_S	Traggrenze σ_B	
a) Ungehämmert, ungelöthet	6,4	21,0	0,31
b) Schwach gehämmert, ungelöthet	10,3	24,4	0,42
c) " " gelöthet	10,2	22,0	0,46
$\frac{c \cdot 100}{b}$	99	92	—
d) Hart gehämmert, ungelöthet	12,2	23,8	0,51
e) " " gelöthet	13,0	22,5	0,58
" " "	13,5	23,0	0,59
" " "	14,7	22,1	0,67
Mittel	13,7	22,5	0,61
$\frac{e \cdot 100}{d}$	112	95	—
$\frac{b \cdot 100}{a}$	161	116	—
$\frac{d \cdot 100}{a}$	191	114	—

Auf Grund dieser Ergebnisse ist der Verein zu der Ueberzeugung gekommen, daß hartgehämmertes Kupfer bei ineinandergeschobener harter Löthnaht dauernd mit 5 bis 6 und beim Probedruck mit 7,5 bis 9 kg/qmm mit Sicherheit in Anspruch genommen werden kann.

Der Württembergische Verein weist auf die Bedeutung der Lage der Elasticitätsgrenze (Proportionalitätsgrenze, kürzer P-Grenze oder σ_P) und auf den Umstand hin, daß bei weichem Kupfer keine P-Grenze vorhanden ist.[2])

Der Pommersche Verein stellt nach den Angaben über die Festigkeitseigenschaften des Kupfers aus „Stühlens Ingenieurkalender" für 1888 und aus dem „Taschenbuch der Hütte" für 1875 folgende Zahlen gegenüber: (Eine Gegenüberstellung der neueren Angaben findet sich am Schluß dieses Berichtes.)

Tabelle 2. **Für Zugbeanspruchung in kg/qmm.**

Materialzustand	Zulässige σ_K	Elasticitätsgrenze σ_S	Traggrenze σ_B	Quelle
Kupfer, gehämmert	2,5	3	30	Stühlen
Kupferdraht	6,5	12	50	
Kupferblech, gehämmert	6,6	14	—	Hütte
" geglüht	2,5	3	21	
Kupferdraht	6,6	12	42	

[1]) Bei den aus der Praxis stammenden Angaben kann man fast immer annehmen, daß unter „Elasticitätsgrenze" die „Streckgrenze" des Materials gemeint ist. Im Folgenden ist bezeichnet:

Die Spannung (kg/qmm) mit σ, die Verlängerung (mm) mit λ, die Dehnbarkeit (%) mit δ, die Dehnungszahl $\left(\frac{\lambda}{l \cdot \sigma}\right)$ mit α, die Querschnittsverminderung mit q, die Proportionalitätsgrenze mit P, die Höchstlast (Bruchgrenze, Traggrenze) mit B, die Bruchlast (Zerreißlast) mit Z. Diese letzten drei Buchstaben werden als Indices zur näheren Bezeichnung der Spannungs- und Formänderungszustände benutzt, z. B. ist an der Streckgrenze die Spannung $= \sigma_S$, die Verlängerung $= \lambda_S$ u. s. w., σ_K = zulässige Spannung für Zugbeanspruchung, l = Meßlänge für λ.

[2]) Wie sich später ergeben wird, gilt dies auch für hartes Kupfer.

Nach Unwin, Grashof, Rankine, Weißbach, Kirkaldy und Reuleaux sei die mittlere absolute Festigkeit des Kupfers zu 23 kg/qmm anzunehmen. Der Verein habe aber mit 25 kg/qmm bei verarbeitetem und vernietetem Kupferblech gerechnet und bei seinen Berechnungen 5 kg/qmm als zulässige Spannung angenommen; bei hartgelötheten Röhren wurden hierfür 10 kg/qmm und bei ausgeglühten Arbeitsstücken 2 kg/qmm in Rechnung gestellt.

Der Verein macht den Vorschlag, daß zu Gefäßen, die der amtlichen Ueberwachung unterstellt sind, nur geprüftes Material zugelassen werden möge.

Der Bergische Verein macht darauf aufmerksam, daß Kupfer schon bei Wärmegraden, wie sie in den verschiedenen Trockencylindern herrschen, an Festigkeit verliert. Bei Berechnung der Materialstärken hat der Verein die Ergebnisse der Versuche, welche das Franklin-Institut in Amerika über die Festigkeit des Kupfers bei verschiedenen Wärmegraden ausführte (vergl. Abs. H dieses Berichtes), benutzt. Demgemäß hat man σ_B für 150 C° = 20 kg/qmm angenommen, die Festigkeit der schwalbenschwanzförmigen Löthnaht = 60 % der Festigkeit des vollen Bleches gesetzt und eine 5fache Sicherheit genommen. (Hiernach wäre also die zulässige Spannung $\sigma_K = \frac{60}{100} \cdot \frac{1}{5} \cdot 20 = 2{,}4$ kg/qmm). Die hiernach gebauten Trockencylinder haben sich sowohl bei der Druckprobe als auch später im Betriebe bewährt. Man zieht übrigens in Zweifel, ob die Ergebnisse der älteren Versuche des Franklin-Institutes noch auf die heutigen Kupferbleche übertragen werden könnten. Besonders über die Festigkeit verschiedener Löthnähte seien die Erfahrungen noch sehr lückenhaft.

Der Hannoversche Verein führt an, daß man die zulässigen Spannungen für Kupfer im geglühten Zustande zwar mit 2,5 und im gehämmerten Zustande zwar mit 6,6 kg/qmm in den Büchern angegeben finde, daß aber jeglicher Maßstab, wie weit oder wie lange das Kupfer zu hämmern sei, fehle. In einem Falle war ein kupfernes Gefäß, welches der Wasserdruckprobe mit 3,5 Atmosphären (= at) (3,6 kg/qmm nach Abzug der Nietlöcher) unterworfen wurde, nicht dicht zu erhalten. Die Elasticitätsgrenze war bei dieser Spannung also bereits überschritten. Wäre das Blech mehr gehämmert worden, so würde das Gefäß stark genug gewesen sein. Bei den vorzunehmenden Versuchen müßte vor allen Dingen ein Maßstab gewonnen werden, welcher den Grad der Hämmerung erkennen läßt[1]). Eine wirkliche Sicherheit kann nach Meinung des Vereins nur erreicht werden, wenn $\sigma_K = 2{,}5$ kg/qmm gesetzt, und ein größerer Werth nur dann zugelassen wird, wenn die Festigkeitseigenschaften des Materials in jedem Falle durch Zerreißproben vorher festgestellt worden sind.

Der Rheinische Verein stellt die Ausführung von Versuchen mit Kupferblechen, Nietungen und Löthnähten in Aussicht.

Der Sächsisch-Thüringische Verein bemerkt, daß die Prüfungsergebnisse mit Kupferblechen im Allgemeinen keine besonders großen Abweichungen zeigen.

---

[1]) Vergl. Abs. F dieses Berichtes.

Tabelle 3. Versuchsergebnisse.

Materialzustand	Spannungen in kg/qmm		Formänderungen in %		σ_S/σ_B	3
	Elasticitätsgrenze σ_S	Traggrenze σ_B	Dehnbarkeit δ	Zusammenziehung q		
I. Aeltere Versuche.						
Kupferstreifen 3—4 mm dick, gewöhnl. Zustand	9,5—15,0[1])	21,9—24,2	17,3—24,0	—	(0,43—0,62)	
Kupferstäbe 10—11 mm dick	10,1—12,3	20,6—21,7	17,3—29,0[2])	—	(0,40—0,57)	
Draht 2,5 mm Durchmesser in 2 Monaten ganz langsam belastet .	—	26,5	—	—		
II. Neue Versuche. (3,4 bis 3,6 mm dick)						
gewöhnlicher Zustand . .	12,5	22,3	35,3	55,4	0,56	0,63
	12,7	23,3	40,0	53,9	0,55	0,73
a) Mittel	12,6	22,8	37,2	54,7	—	
geglüht	6,6	22,0	41,7	53,6	0,30	1,39
	6,0	22,9	40,0	55,7	0,26	1,54
b) Mittel	6,3	22,5	40,9	54,7	—	
$\frac{b \cdot 100}{a} =$	**50**	**99**	**110**	**100**	—	
gehämmert	18,0	24,0	36,0	54,9	0,75	0,48
	17,1	23,7	31,0	55,7	0,74	0,42
c) Mittel	17,6	23,9	33,5	55,3	—	
$\frac{c \cdot 100}{a} =$	**140**	**105**	**90**	**101**	—	

Aeltere (Gruppe I) und neue Versuche (Gruppe II) hatten die in der Tabelle 3 zusammengestellten Ergebnisse geliefert. Bei Gruppe II sind die Streifen aus gleichem Material entnommen, die dann im gewöhnlichen, im gehämmerten und im geglühten Zustande geprüft wurden. Probendicke = 3,4 bis 3,6 mm.

Der Verein empfiehlt die Ausführung neuer Versuche mit Material aus den verschiedensten Produktionsstellen und an Blechen von 1 bis 25 mm Stärke. Dabei seien aus jeder Platte 3 Längs- und 3 Querstreifen zu entnehmen, die dann im Anlieferungs-, im geglühten und gehämmerten Zustande zu prüfen wären. Ebenso seien auch Stangen- und Drahtkupfer zu prüfen. Auch Versuche unter sehr langsam gesteigerter Last und mit Löthnähten seien auszuführen.

Der Pfälzische Verein führt an, daß bei der Prüfung von kupfernen Trockencylindern seine Ingenieure schon bis auf doppelten Arbeitsdruck gegangen seien. Eine Berechnung der Blechstärken auf Grund der Angaben in den Handbüchern könne unter den jetzigen Verhältnissen zur ungerechten Verwerfung eines Apparates führen. So gebe z. B. Reuleaux σ_B

[1]) Bei dieser Lage der Streckgrenze dürfte das Blech aber doch bereits gehämmert worden sein.

[2]) Man vergl. mit der voraufgehenden Angabe. Die Angabe der Dehnbarkeit hat nur geringen Werth, wenn man nicht zugleich erfährt, auf welche Länge und wie sie bestimmt worden ist (vergl. Abs. D dieses Berichtes). Waren die Proben aus Blechen entnommen, oder liegt Schmiede- oder Gußkupfer vor?

für gehämmertes Kupfer zu 30 kg/qmm und Renier 31 kg/qmm; für gewalzte Kupferplatten gebe Fremery $\sigma_B = 23{,}5$ und Navier 19,0 kg/qmm an.

Der Magdeburger Verein hat bei der Prüfung von Kupferblechen zur Herstellung von Centrifugen im Mittel $\sigma_B = 23{,}7$ kg/qmm bei $\delta = 37\%$ gefunden. Die Königlichen Eisenbahnverwaltungen schrieben, nach Kenntniß des Vereins, für Kupferbleche von 12 mm Stärke $\sigma_B = 22$ kg/qmm und eine Querschnittsverminderung $q = 45\%$, bei Feuerbuchsblechen aber $\sigma_B = 20$ kg/qmm und $q = 50\%$ vor.

Die Königliche technische Deputation hat die hier aufgeführten Aeußerungen und anderes Material zur Grundlage für folgende Vorschläge benutzt.

Eine für längere Zeit bleibenden Werth behaltende Ermittelung der Festigkeitseigenschaften des Kupfers wird mit ganz besonderen Schwierigkeiten verknüpft sein. Es liegt dies einerseits an dem wechselnden Gehalt fremder Beimengungen, welchen das käufliche Kupfer enthält, andererseits an dem großen Einfluß, welchen die Art der Bearbeitung des Kupfers auf seine Festigkeitsverhältnisse ausübt, sowie schließlich an der Beeinflussung der Versuchsergebnisse durch die Art der Versuchsausführung. Es wird deswegen nothwendig sein, zunächst die Vorfragen zu studiren. Insbesondere wird festzustellen sein:

1. Hinsichtlich des Einflusses der Art der Versuchsausführung:
   a) die Form des Versuchsstückes,
   b) die Art der Bearbeitung des Versuchsstückes,
   c) die bei dem Versuche innezuhaltende Geschwindigkeit,
   d) der Unterschied zwischen stetig und sprungweise zunehmender Belastung.
2. Hinsichtlich des Materialzustandes:
   a) die Herstellung des Normalzustandes,
   b) die beim Ausglühen zu beachtenden Maßregeln,
   c) der Einfluß des wiederholten Ausglühens.

Bei dem Studium der Festigkeitseigenschaften des Kupfers würde es sich empfehlen, die nachfolgenden Punkte eingehend zu erörtern:

1. den Einfluß der chemischen Zusammensetzung,
2. den Zusammenhang bezw. die Wechselwirkung zwischen der chemischen Zusammensetzung und der mechanischen Bearbeitung,
3. die zulässige Beanspruchung im Normalzustande und im bearbeiteten Zustande,
4. die Festigkeit der Verbindungsformen
   a) bei Nietung,
   b) bei Löthung,
   c) bei Löthung und gleichzeitiger Nietung,
5. den Einfluß der Erwärmung.

Alle diese Aeußerungen und die bereits vorliegenden Erfahrungen der Versuchs-Anstalt sind zur Aufstellung des nachfolgend im Auszuge wiedergegebenen Arbeitsplanes benutzt worden.

Arbeitsplan.

a) Allgemeine Anordnungen.

Aus den dem hohen Erlaß vom 15. April 1889 beigefügten Grundlagen ergiebt sich die Nothwendigkeit, bei dem aufzustellenden Plane eine breite und möglichst erschöpfende Arbeit vorauszusetzen, und es scheint dabei in hohem Maße zweckmäßig zu sein, den Andeutungen

der technischen Deputation folgend, die Vorarbeiten von den eigentlichen Hauptarbeiten getrennt zu behandeln, denn die für die Voruntersuchungen in Aussicht genommenen Fragen sind bisher immer noch verhältnißmäßig wenig studirt, obwohl sie die Grundlagen für die Prüfung, namentlich von Kupfer und anderen Weichmetallen bilden. Die Nichtbeachtung der in den obengenannten Andeutungen behandelten Fragen bei den früheren Untersuchungen dürfte einen der Hauptgründe bilden, weswegen die Angaben der Lehrbücher über die Festigkeitseigenschaften des Kupfers so stark von einander abweichen. Es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, daß die Ergebnisse der Voruntersuchungen den nachstehend entwickelten Arbeitsplan für die Hauptversuche in manchen Punkten verändern werden.

Aus den Aufstellungen der technischen Deputation ergaben sich für die Ausführung der Vorversuche folgende Fragen:

1. Welchen Einfluß hat die Art der Versuchsausführung und zwar
   a) die Form des Versuchsstückes,
   b) die Art der Bearbeitung des Versuchsstückes,
   c) die bei den Versuchen innezuhaltende Geschwindigkeit (Streckgeschwindigkeit),
   d) die sprungweise Belastung gegenüber der stetig fortschreitenden?
2. Welchen Einfluß hat der Zustand des Materials und zwar:
   a) ist es möglich, einen Normalzustand durch Ausglühen der Proben zu erzeugen,
   b) welches sind die beim Ausglühen zu beobachtenden Maßregeln,
   c) welchen Einfluß hat das wiederholte Ausglühen?

Zur Lösung dieser Fragen werden vorwiegend Zerreißversuche in Aussicht genommen; indessen sind auch Biegeproben und Stauchversuche zu machen. Bei dem großen Materialwerthe des Kupfers dürfte es sehr angebracht sein, die Gelegenheit zu benutzen, um für die Zerreißversuche mit Kupfer einen einheitlichen Normalstab von kleineren Abmessungen einzuführen, als er in der Versuchsanstalt und auch sonst in der Praxis für diese Prüfungen im Gebrauch ist. Will man bei Anwendung kleiner Stabformen Prüfungsergebnisse erzielen, die mit den unter Benutzung der jetzigen Normalstäbe gewonnenen vergleichbar sind, so wird man nach dem Gesetze der Aehnlichkeiten[1]) oder der proportionalen Widerstände[2]) die Abmessungen der kleinen Stäbe proportional denjenigen der großen machen müssen.

Am zweckmäßigsten erscheint es, die Vorversuche mit Blechen auszuführen, weil man hierbei wohl am zuverlässigsten auf völlige Gleichartigkeit des Materials rechnen darf, und diese Gleichartigkeit für die Vorversuche Grundbedingung ist. Um hierbei einen Anschluß an den jetzigen Normalstab zu erhalten, wird man mindestens auf die Blechdicke 10 mm zurückgreifen, und damit die Stäbe von allen Seiten bearbeitet werden können, die Bleche 12 mm dick bestellen müssen.

Den Versuchen soll die allgemeine Stabform Fig. 1 zu Grunde gelegt werden, wobei a = Dicke des Stabes.

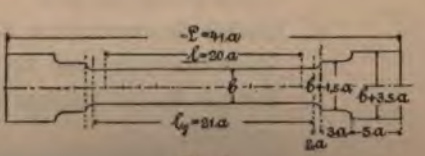


Fig. 1.

Um den Einfluß der Stabform festzustellen, sollen die Versuchsquerschnitte folgende Verhältnisse erhalten.

[1]) Barba: Les allongements des métaux après rupture; Mem. de [illegible] 1880, Seite 682.

[2]) Kick: Das Gesetz der proportionalen Widerstände. Bauschinger hat seiner „Mittheilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der K. Techni[illegible]

Tabelle 4. Stababmessungen für die Zerreißversuche.

Verhältnisse b × a × l	Abmessungen mm	Querschnitte qmm	Bemerkungen
a) 3 × 1 × 20	30 × 10 × 200	300	jetziger Normalstab
b) 3 × 1 × 20	21 × 7 × 140	147	neuer Normalstab
c) 1 × 1 × 20	7 × 7 × 140	49	
d) 5 × 1 × 20	35 × 7 × 140	245	
e) 10 × 1 × 20	70 × 7 × 140	490	

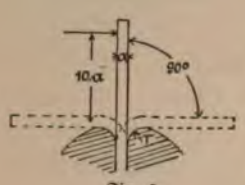


Fig. 2.

Die Biegeversuche sollen etwa in der Form vorgenommen werden, daß Stäbe von den Verhältnissen Breite zu Dicke, d. i. b : a = 1 : 1; 3 : 1 und 5 : 1 in einen Schraubstock gespannt werden, dessen Kanten nach dem Halbmesser r = a (Fig 2) abgerundet sind. Die Proben werden um 90° nach rechts und links gebogen, bis der Bruch eintritt. Hierzu sind Streifen von 14 a Länge erforderlich.

Auch Stauchproben an würfelförmigen oder cylindrischen Normalkörpern (d. h. Höhe l = Durchmesser d) unter dem Fallwerk ausgeführt, lassen die allgemeinen Materialeigenschaften sehr charakteristisch hervortreten und geben eine vorzügliche Methode für die praktische Prüfung der Gleichmäßigkeit eines Materiales ab, weil sie einen außerordentlich geringen Materialaufwand und geringe Bearbeitungs- und Versuchskosten verursachen.

Zur Lösung der für die später auszuführende Hauptuntersuchung aufzustellenden Fragen wird man in erster Linie Zerreißversuche und zwar am zweckmäßigsten mit der vorhin festgestellten Normalform b anstellen, die nöthigenfalls durch Biegungs- und Stauchversuche ergänzt werden können. Zur Ersparung von Kosten dürfte es wohl zweckmäßig sein, bei der Prüfung von Blechen auf 7 mm zurückzugehen, sodaß die Probestäbe auf der Flachseite nicht bearbeitet zu werden brauchen. Kupfer im gegossenen (undurchgearbeiteten und ungeschmiedeten) Zustande wird am besten an Rundstangen von 27 mm Durchmesser und 320 mm Länge geprüft, aus denen Stäbe nach Fig. 3 entnommen werden.

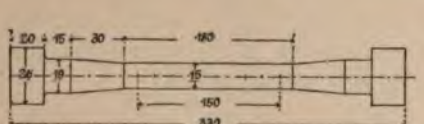


Fig. 3.

Die Fragestellung für die Hauptversuche lautet im Anschluß an die Vorfragen:

3. Welchen Einfluß hat die chemische Zusammensetzung des Kupfers auf seine Festigkeitseigenschaften?
4. Welcher Zusammenhang, bezw. welche Wechselwirkung besteht zwischen der chemischen Zusammensetzung und der mechanischen Bearbeitung?
5. Welches ist die zulässige Beanspruchung im Normalzustande und im bearbeiteten Zustande?
6. Welche Festigkeit läßt sich mit den Verbindungsformen
   a) bei Nietung,
   b) bei Löthung,
   c) bei Löthung und Nietung

   erzielen?
7. Welchen Einfluß hat die Erwärmung auf die Festigkeit des Kupfers?

b) Das Versuchsmaterial und seine Bearbeitung.

Von der Firma C. Heckmann in Duisburg-Hochfeld wurden 9 Stück Bleche von 12 mm Dicke bezogen; hierzu wurden vom Werke folgende Angaben gemacht:

Das aus besten Rohkupfersorten geschmolzene und raffinirte Garkupfer wurde in eine Metallform gegossen, in welcher es erkaltete. Der gegossene Block von 900 mm Höhe, 950 mm Breite und 140 mm Dicke wurde nach vorhergegangenem Verputzen in einem Flammofen während der Dauer von $1\,^1/_4$ Stunde allmählich bis zu heller Rothglühhitze gebracht und dann auf einem Reversir-Walzwerk zunächst zu einer Platte von etwa 1300 mm Breite, 3000 mm Länge und etwa 30 mm Dicke ausgewalzt (Dickenverminderung $140/30 = 4{,}7/1$) und im noch dunkelwarmen Zustande in Wasser plötzlich abgekühlt. Hierdurch wird das vollständige Abblättern der während des Glühens und Walzens entstandenen Oxydhaut bewirkt, so daß die Oberfläche der Kupferplatte fast metallisch rein erscheint, und hineingewalzte Aschentheilchen, sowie entstandene Schiefer und Flinzen erkannt und entfernt werden können. Die vorgewalzte Platte wurde dann in Stücke von etwa 850 mm Breite geschnitten, im Glühofen wieder erhitzt und hellrothwarm, entgegen der ursprünglichen Walzrichtung, auf 12 bezw. 9 mm Dicke (Dickenverminderung in der zweiten Hitze 30/12 bezw. $30/9 = 2{,}5/1$ bez. $3{,}3/1$ und im Ganzen $= 11{,}7/1$ oder $15{,}6/1$) gewalzt, nochmals rothwarm gemacht und in Wasser rasch abgekühlt.

Dem Werke waren folgende Vorschriften gegeben: Zwei Platten ohne Kantenrisse,

1. eine 12 mm dick, 2,7 m lang und 0,9 m breit,
2. eine 9 mm dick, 3,8 m lang und 0,9 m breit,

sind an den Rändern zu beschneiden und schließlich der Quere nach durchzuschneiden, sodaß Stücke von den folgenden Abmessungen entfallen:

1. aus Platte 1 (12 mm dick): drei Stücke von 800 mm Breite und 850 mm Länge,
2. aus Platte 2 (9 mm dick): sechs Stücke von 800 mm Breite und 620 mm Länge.

Jeder Querschnitt ist so zu bezeichnen, daß die Zusammengehörigkeit der einzelnen Stücke im Bleche nach dem Zerschneiden wieder erkannt werden kann, z. B. wie in Fig. 4.

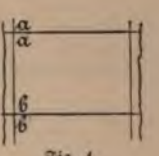


Fig. 4.

Nach dem Zerschneiden sind die Platten auf der Richtwalze oder mit Holzhämmern sauber eben und gerade zu machen.

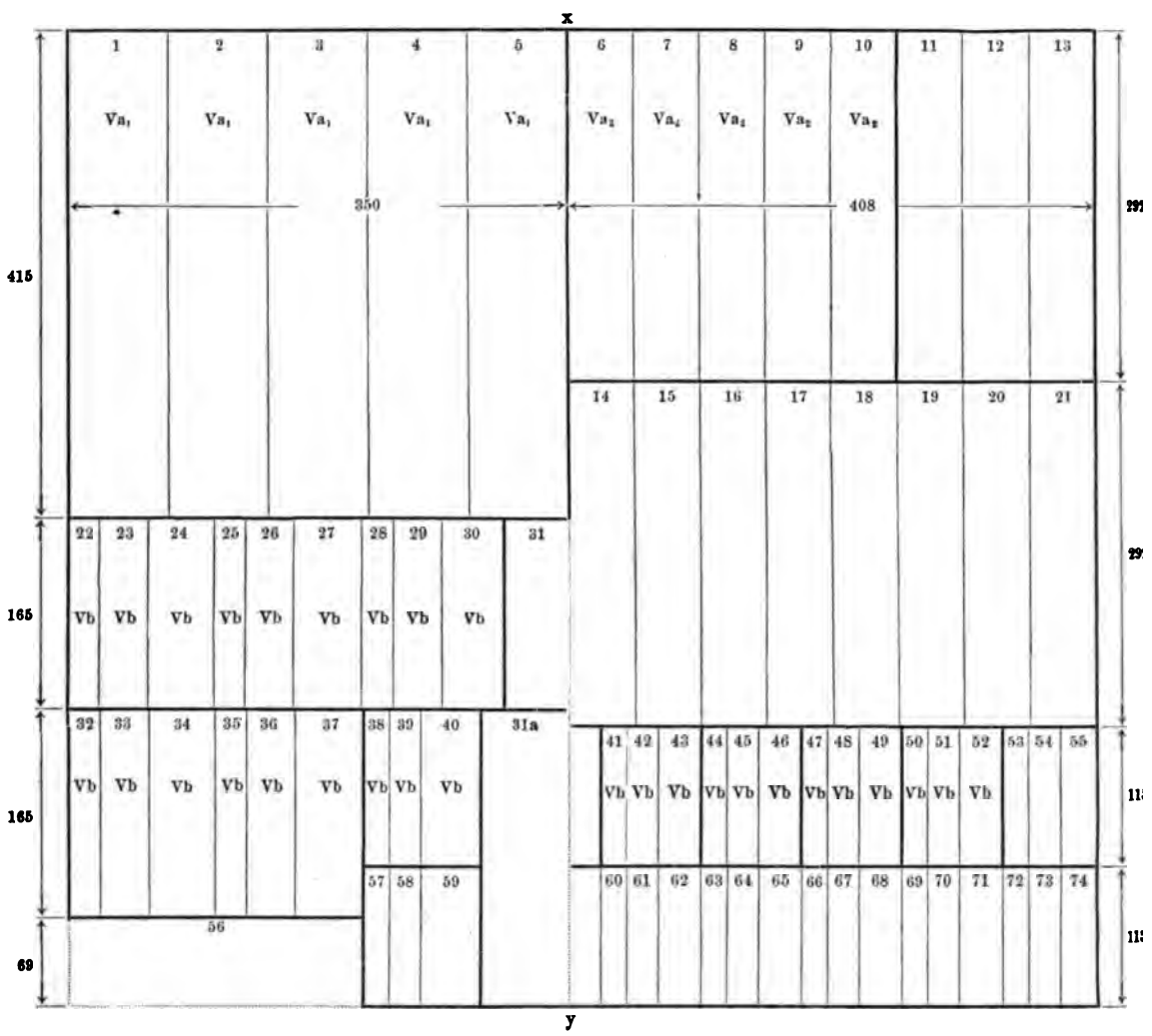
Für die in der Versuchs-Anstalt vorzunehmende Zerlegung der Bleche und die Bearbeitung der Proben werden besondere Pläne (Fig. 5 bis 10, S. 46—51) entworfen und folgende Anordnungen getroffen.

Die vom Werke gelieferten Platten sind in der Reihenfolge, wie sie ursprünglich im Bleche saßen, in der linken oberen Ecke (Bleche in der Lage der Zerlegungspläne gedacht) mit A bis F zu zeichnen, wobei auf die Zeichen D bis F je zwei Platten entfallen, von denen die zweiten noch mit einem * neben dem Buchstaben zu zeichnen sind.

In die Zerlegungspläne sind neben den auf die Stücke einzuschlagenden Zeichen auch die Nummern der Versuchsreihen (vergl. Fig. 5 bis 10) eingetragen, und am Fuße jedes Planes ist angegeben, wie die einzelnen Stücke behandelt, in welche Stabformen sie gebracht und zu welchen Versuchsreihen sie verwendet werden sollen. Ueber die Stabformen ist Tab. 4 bereits das Nothwendige angegeben.

Figur 5.

Blech A. 12 mm dick. (Anlieferungszustand) ausgewalzt, geglüht und in Wasser abgeschreckt. Alle Proben werden mit A und der laufenden Nummer gezeichnet.



Die Platte ist zunächst nach der Linie x y zu zerlegen und die linke Hälfte nach den dicken Linien in acht Theile zu zertheilen. Hiervon sind die Stücke 31, 31a und 56 aufzubewahren.

Die Stücke 3—5, 22—30 und 32—37 werden auf 10 mm und Stück 38—40 auf 7 mm von beiden Seiten behobelt und dann weiter zerlegt; Stück 57—59 wird aufbewahrt.

Die rechte Hälfte wird nach den drei dicken Querlinien zertheilt, wovon die Stücke 14—21 und 60—74 aufbewahrt und die Stücke 6—13 und 41—55 von beiden Seiten bis auf 7 mm Dicke behobelt und dann weiter zerlegt werden.

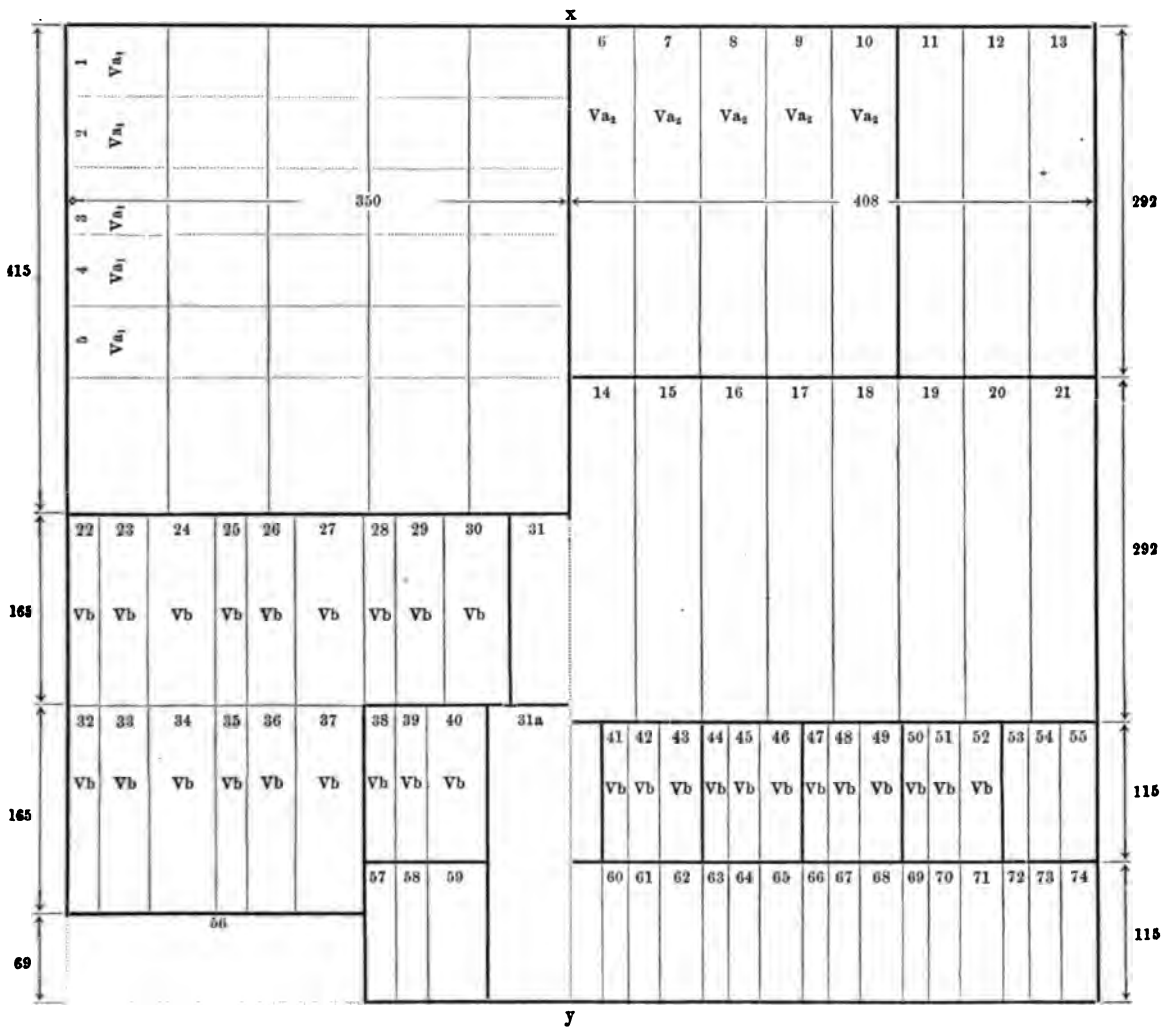
Die einzelnen Streifen sind für die folgenden Stabformen und Versuchsreihen bestimmt.

Nummer . . .	1–5	6—10	22 - 30 und 32—37	38 – 55 und 57 – 74
Stabform . .	a	b	f, h und k	g, i und l
Versuchsreihe .	Va	Va	Vb	Vb

Figur 6.

Blech B. 12 mm dick (geglüht) ausgewalzt, geglüht, in Wasser abgeschreckt und dann nochmals geglüht und langsam abgekühlt.

Alle Proben werden mit B und der laufenden Nummer gezeichnet.



Die Platte ist zunächst nach der Linie x y zu zerlegen, alsdann wird die rechte Hälfte nach den drei Querlinien zerschnitten. Die Stücke für die Proben 14—21, 60—74 und 31, 31a, 56 und 57—59 der linken Hälfte werden aufbewahrt, während der Rest der Platte gemeinsam mit den gleichen Theilen der Platte C und den bei Platte E und F besonders aufgeführten Stücken unter den vorschriftsmäßigen Maßregeln ausgeglüht werden. Das Behobeln, weitere Zerlegen u. s. w. erfolgt wie bei Platte A.

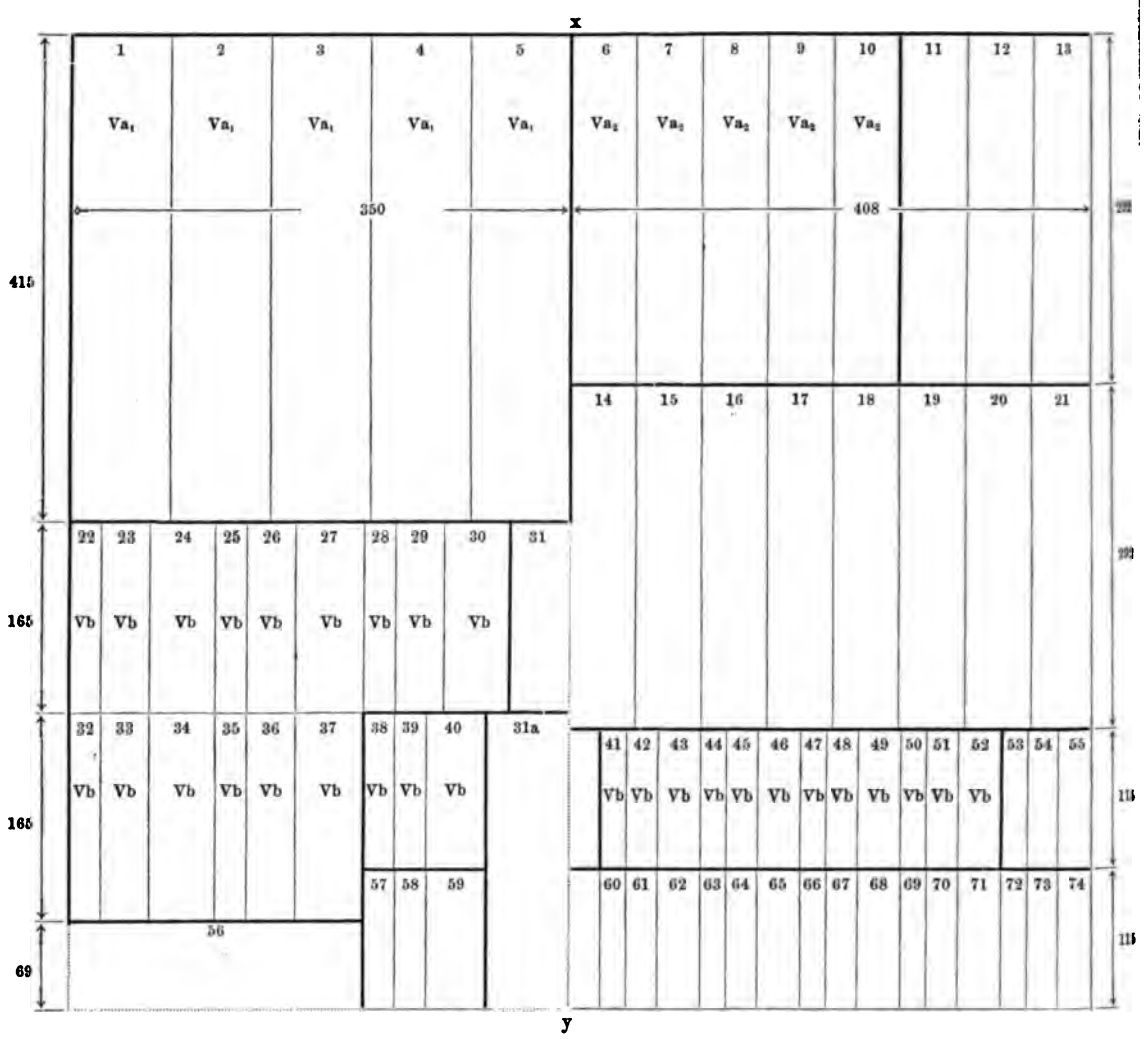
Die einzelnen Streifen sind für die folgenden Stabformen und Versuchsreihen bestimmt.

Nummer . . .	1—5	6—10	22—30 und 32—37	38—55 und 57—59	60—74
Stabform . .	a	b	f, h und k	g, i und l	zu Stauchproben
Versuchsreihe .	Va	Va	Vb	Vb	vergl. Plan

Figur 7.

Blech C. 12 mm dick (gehämmert) ausgewalzt, geglüht, in Wasser abgeschreckt und dann nochmals geglüht, langsam abgekühlt und gehämmert.

Alle Proben werden mit C und der laufenden Nummer gezeichnet.



Die Platte ist zunächst nach der Linie x y zu zerlegen, alsdann wird die rechte Hälfte nach den drei Querlinien zerschnitten. Die Stücke für die Proben 14—21, 60—74 und 31, 31a, 56 und 57—59 der linken Hälfte werden aufbewahrt, während der Rest der Platte gemeinsam mit den bei Platte B benannten Stücken ausgeglüht wird. Diese Stücke sind nachher sorgfältig zu hämmern und alsdann wie bei Platte A angegeben zu behobeln, zu zeichnen und zu zerlegen.

Die einzelnen Streifen sind für die folgenden Stabformen und Versuchsreihen bestimmt.

Nummer . . .	1—5	6—11	22—30 und 32—37	38—55 und 57—74	
Stabform . .	a	b	f, h und k	g, i und l	zu Stauchproben
Versuchsreihe .	Va	Va	Vb	Vb	vergl. Plan

Figur 8.

Blech D und D*. 9 mm dick. (Anlieferungszustand) ausgewalzt, geglüht und in Wasser abgeschreckt.

Alle Proben werden mit D und der laufenden Nummer gezeichnet.

1	2	3	4		5	6	7	8		9	10	11	12		292
Vc_1	Vc_2	Vc_3	Vc_4		Vc_1	Vc_2	Vc_3	Vc_4		Vc_1	Vc_2	Vc_3	Vc_4		
13	14	15	16		17	18	19	20		21	22	23	24	25	292
Vc_1	Vc_2	Vc_3	Vc_4		Vc_1	Vc_2	Vc_3	Vc_4		I	I	I	II	II	
26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	292
II	II	II	II	II	IVh b*	IVl b*	IVk b*	IVh b*	IVl b*	IVk b*	IVh b*	IVl b*	IIIa	IIIa	
41	42	43	44	45	46	47									292
IIIa	IIIa	IIIa	IIIa	IIIa	IIIa	IIIa									

Die Stücke 1—25, 26—30, 39—40 und 41—47 werden von beiden Seiten bis auf 7 mm Dicke behobelt, dann gezeichnet, zerlegt und bearbeitet, das Stück 31—38 wird gelocht, gebohrt u. s. w., dann behobelt, zerlegt und bearbeitet wie in Versuchsplan IV angegeben.

Die Probestäbe 39 bis 47 werden nach den besonderen Vorschriften für Reihe IIIa geglüht.

Die einzelnen Stücke sind für folgende Stabformen und Versuchsreihen bestimmt.

Nummer . . .	1, 5, 9, 13 und 17	2, 6, 10, 14 und 18	3, 7, 11, 15 und 19	4, 8, 12, 16 und 20	21 - 47
Stabform . .	b	c	d	e	b und b*
Versuchsreihe .	Vc	Vc	Vc	Vc	vergl. Plan

Figur 9.

Blech E und E*. 9 mm dick (geglüht).

Alle Proben werden mit E und der laufenden Nummer gezeichnet.

292	1	2	3	4		5	6	7	8		9	10	11	12	
	Vc_1	Vc_2	Vc_3	Vc_4		Vc_1	Vc_2	Vc_3	Vc_4		Vc_1	Vc_2	Vc_3	Vc_4	
292	13	14	15	16		17	18	19	20		21	22	23	24	25
	Vc_1	Vc_2	Vc_3	Vc_4		Vc_1	Vc_2	Vc_3	Vc_4		I	I	I		
292	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
						IVk	IVa	IVb	IVc	IVd	IIIb 1g	IIIb 2g	IIIb 3g	IIIb 4g	IIIb 1g
292	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	
	IIIb 2g	IIIb 3g	IIIb 4g	IIIb 1g	IIIb 2g	IIIb 3g	IIIb 4g	II	II	II	II	II	II	II	

Die Stücke 1—25, 26—30 und 48—54 werden gemeinsam mit Platte B und C geglüht und dann auf 7 mm behobelt und zerlegt. Stück 36 - 47 wird auf 7 mm behobelt, zerlegt und dann nach Vorschrift für Reihe III geglüht. Stück 31—35 wird unbehobelt zerlegt und nach den besonderen Vorschriften für Reihe IV bearbeitet.

Die einzelnen Stücke sind für folgende Stabformen und Versuchsreihen bestimmt.

Nummer . . .	1, 5, 9, 13 und 17	2, 6, 10, 14 und 18	3, 7, 11, 15 und 19	4, 8, 12, 16 und 20	21 – 47
Stabform . .	b	c	d	e	b und b*
Versuchsreihe .	Vc	Vc	Vc	Vc	vergl. Plan

Figur 10.

Bleche F und F*. 9 mm dick (gehämmert).

Alle Proben werden mit F und den laufenden Nummern gezeichnet.

292	1	2	3	4		5	6	7	8		9	10	11	12		292
	Vc_1	Vc_2	Vc_3	Vc_4		Vc_1	Vc_2	Vc_3	Vc_4		Vc_1	Vc_2	Ve_3	Vc_4		
292	13	14	15	16		17	18	19	20		21	22	23	24	25	292
	Vc_1	Vc_2	Vc_3	Vc_4		Vc_1	Vc_2	Vc_3	Vc_4		I	I	I	II	II	
292	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	292
	II	II	II	II	II	IVe	IVh	IVg	IVa	IVb	IVc	IVd	IVe	IVh	IVg	
292	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54		292
	IVa	IVb	IVc	IVd	IVe	IVh	IVg	II	II	II	II	II	II	II		

Die Stücke 1—25, 26—30 und 48—54 werden gemeinsam mit Platte B und C geglüht und dann gleichmäßig durchgehämmert, auf 7 mm Dicke behobelt und zerlegt. Stück 31—47 wird unbehobelt zerlegt und dann nach den Vorschriften für Reihe IV bearbeitet.

Die einzelnen Streifen sind für die folgenden Stabformen und Versuchsreihen bestimmt.

Nummer . . .	1, 5, 9, 13 und 17	2, 6, 10, 14 und 18	3, 7, 11, 15 und 19	4, 8, 12, 16 und 20	21—47
Stabform . .	b	c	d	e	b und b*
Versuchsreihe .	Vc	Vc	Vc	Vc	vergl. Plan

Hier ist nur noch anzuführen, daß die abweichende Anordnung der Probestücke 1 bis 5 aus Platte B durch ein Versehen bedingt ist, das bei der Probenzerlegung vorkam. Die Glühung der Stücke aus den Platten B, C, E und F geschah gemeinsam[1]) im Flammofen. Die Platten waren zu Packeten vereinigt. Die Hitze wurde ganz allmählich auf Rothgluth gesteigert und diese längere Zeit erhalten. Dann wurden alle Fugen des Ofens verschmiert, worauf die Platten mit dem Ofen gemeinsam sehr langsam abkühlten. Die zu hämmernden Platten sind alle von demselben Schmied unmittelbar hinter einander unter Beaufsichtigung durch einen Assistenten möglichst gleichmäßig gehämmert.

c) Die Versuchsausführung.

Für die Versuchsausführung war folgender Arbeitsplan entworfen worden:

Versuchsreihe I. Zur Entscheidung der Frage, ob durch die Ausführung von Feinmessungen praktisch verwerthbare Ergebnisse zu erzielen sein werden, oder ob es vortheilhafter ist, Feinmessungen überhaupt nicht auszuführen, werden folgende Versuche mit der Stabform b (Querschnitt 7×21 mm) angestellt.

Aus den Platten D, E und F sollen die Stäbe 21, 22 und 23 mit Spiegelapparaten auf Maschine G der Anstalt (von mir konstruirte 50 Ton-Maschine — Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1890 S. 1003 — woselbst auch die Spiegelapparate beschrieben sind) geprüft werden. Anfangslast 100 kg und Laststufen von 300 kg[2]).

Nach der ersten Ablesung für jede Laststufe werden jedesmal nach 1 und 2 Minuten Pause neue Ablesungen gemacht; nach je drei Stufen soll entlastet werden. Die Ablesungen nach der Entlastung werden ebenfalls mit je 1 Minute Pause zweimal wiederholt. Von der Anfangslast wird nach jeder Entlastung wieder in gleichen Stufen bis zur vorher erreichten Höchstlast vorgegangen, wobei jedoch immer nur eine Ablesung gemacht wird. Die Feinmessungen werden unter allen Umständen so lange durchgeführt, bis die Maßstabbilder verschwinden. Die Traggrenze σ_B wird mit Stufen von 100 kg bei einer Fließgeschwindigkeit von 5 % in der Minute bestimmt (d. h. die Maschine wird so regulirt, daß der Stab sich in der Minute um 5 % seiner ursprünglichen Länge verlängert). Dann soll durch Fortnahme von Gewichten thunlichst die Bruchlast P_Z bestimmt werden. Nur zur Höchstlast P_B ist die Verlängerung λ_B mittelst Anlegemaßstab zu ermitteln; für die übrigen Belastungsstufen während des Fließens fällt die Dehnungsmessung aus. Der dritte Stab aus jedem Blech soll mit gleichen Stufen, aber ohne Pausen nach jeder Stufe und ohne Entlastungen geprüft werden[3]).

Versuchsreihe II. Nach Entscheidung der Frage 1 ist festzustellen, welchen Einfluß die Fließgeschwindigkeit auf die Versuchsergebnisse hat. Die Versuche werden mit Stabform b aus Platte D 24 bis 30 und E und F 48 bis 54 durchgeführt; sie sollen auf Maschine G

---

[1]) Nur die Stücke E 48—54 und F 48—54 für Reihe II sind nachträglich für sich ausgeglüht, und das Stück F 48—54 ist demgemäß auch gesondert von den übrigen Stücken gehämmert worden.

[2]) Beim ersten Versuch stellte es sich als zweckmäßig heraus, die Laststufen zu verringern; die Versuche sind demgemäß thatsächlich mit Stufen von 100 kg durchgeführt.

[3]) Soviel dies irgend möglich war, ist übrigens der Versuch unter Anwendung des Selbstzeichners durchgeführt worden, der dann eine Schaulinie lieferte, aus der die Streckgrenze $P_{S'}$ (zum Unterschied von der mit dem Spiegelapparat ermittelten P_S), die Höchstlast $P_{B'}$, die Bruchlast $P_{Z'}$ und die zugehörigen Verlängerungen $\lambda_{S'}$, $\lambda_{B'}$ u. $\lambda_{Z'}$ entnommen wurden. Die aus diesen Werthen errechneten Werthe für die Spannungen ($\sigma_{S'}$, $\sigma_{B'}$ u. $\sigma_{Z'}$) oder die zugehörigen Dehnungen ($\delta_{S'}$, $\delta_{B'}$ u. $\delta_{Z'}$) sind in die Tabellen mit blauer Farbe eingetragen.

mit dem Selbstzeichner und bei den Fließgeschwindigkeiten 0,2; 1; 2; 5; 7; 10 und 20 %/min. in je drei Versuchen, davon je einer im Anlieferungs-, geglühten und gehämmerten Zustande des Materiales ausgeführt werden. Hierbei werden Feinmessungen nicht gemacht. Die Fließgeschwindigkeit 5 %/min. soll, wenn sich bei diesen Versuchen keine Unzuträglichkeiten ergeben, als Normalgeschwindigkeit für die übrigen Versuche benutzt werden. Die Versuche aus Reihe I können zur Mittelbildung für Reihe II herangezogen werden.

Versuchsreihe III. Nachdem aus Reihe I und II bereits der Einfluß einmaligen Glühens und Hämmerns festgestellt ist, ist durch Reihe III der Einfluß der Hitzegrade beim Glühen und der mehrmals wiederholten Glühung festzustellen.

Zu dem Zwecke sind aus:

a) Platte D 39 bis 47 neun Stäbe, Form b, zu entnehmen, welche zu je drei bei 600, 700 und 800 C° durch Eintauchen in ein Bleibad oder in einem Glühofen (Laboratorium für Metallurgie von Professor Weeren) zu glühen sind. Die Stäbe werden, je nach Ausfall der Reihe I, mit Feinmessungen oder nur mit dem Selbstzeichner auf Maschine G bei 5 %/min. Fließgeschwindigkeit ausgeführt.

b) Platte E 36 bis 47 zwölf Stäbe, Form b, zu entnehmen, welche zu je dreien bei einem noch zu bestimmenden Hitzegrad eine noch festzusetzende Zeit lang zu glühen sind. Diese Glühung wird bei den Stäben 37, 41 und 45 zweimal, bei den Stäben 38, 42 und 46 dreimal und bei den Stäben 39, 43 und 47 viermal wiederholt, wobei die Stäbe jedesmal langsam unter Kohlenlösche erkalten sollen. Schließlich werden die Stäbe auf gleiche Weise wie bei Versuchsreihe III a geprüft.

Um festzustellen, ob bei längerem Glühen von Kupfer im Bleibade Blei in den Kupferkörper übergeht, werden kleinere Kupferstücke im Gasglühofen mehrere Stunden im Bleibade geglüht und dann chemisch untersucht. Bei diesem Versuche ist besonders festzustellen, ob sich durch völliges Eintauchen die Glühspanbildung vermeiden oder bei wiederholtem Glühen vermindern läßt.

Versuchsreihe IV. Um den Einfluß der Art der Bearbeitung festzustellen werden aus:

Platte D 31—38 und F 31—47 dreißig Probestäbe entnommen. Davon werden:

a) die Stücke E 32, F 34 und 41 im Anfangszustande geprüft.

b) die Stücke E 33, F 35 und 42 werden durch gleichmäßiges Hämmern im kalten Zustande auf 7,5; 6,5 und 5,5 mm Dicke gebracht und dann durch Fräsen auf der Schmalseite auf richtige Breite bearbeitet. Die Stäbe bekommen die Breite der Stabform b und an den Köpfen ihre ursprüngliche Dicke.

c) die Stücke E 34, F 36 und 43 werden in gleicher Weise gemeinsam mit den vorgenannten Stücken gehämmert und dann ausgeglüht und geprüft.

d) die Stücke E 35, F 37 und 44 werden ausgeglüht und dann auf Stabform b bearbeitet.

e) die Stücke F 31, 38 und 45 werden erst bearbeitet und dann gemeinsam mit den vorigen ausgeglüht.

f) die Stücke F 32, 39 und 46 werden erst bearbeitet und dann gemeinsam mit den vorigen ausgeglüht und hierauf plötzlich in kaltem Wasser abgekühlt.

g) die Stücke F 33, 40 und 47 werden in der Weise bearbeitet, daß beim Vorschruppen in der Mitte der Meßlänge wie in Fig. 11 ein scharfer Absatz entsteht, indem zuerst die rechte und darauf die linke Seite bearbeitet wird. Es ist festzustellen, ob der Bruch alsdann in der Mitte erfolgt.

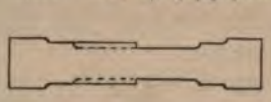


Fig. 11.

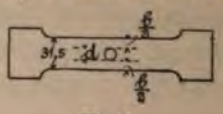


Fig. 12.

h) die Stücke D 31, 34 und 37 werden unbearbeitet in der Mitte kalt gelocht und dann so auf 31,5 mm bearbeitet, daß zu beiden Seiten des Loches gleiche Querschnitte (Fig. 12) stehen bleiben. Das Loch erhält einen Durchmesser von 10 mm.

i) die Stücke D 32, 35 und 38 werden in gleicher Weise gelocht. Das Loch wird durch aufreiben in 32 auf 11, in 35 und 38 auf 12 mm erweitert.

k) die Stücke D 33, 36 und E 31 erhalten in der Mitte im unbearbeiteten Zustande ein mit dem Bohrer hergestelltes Loch von 10,5 mm Durchmesser.

Versuchsreihe V. Diese Reihe soll zur Entscheidung der Frage 1 a über den Einfluß der Stababmessungen auf die Ergebnisse des Festigkeitsversuches dienen.

a) Um festzustellen, ob mit der bisher gebräuchlichen Normalstabform (Form a) und der in Aussicht genommenen neuen Form (Form b) bei gleichem Material gleiche Ergebnisse erzielt werden, sind aus den Platten A bis C für Zerreißversuche je 5 Stäbe (1 bis 5) nach der Stabform a und je 5 Stäbe (6 bis 10) nach Stabform b zu entnehmen[1]).

Die Versuchsergebnisse gewähren auch einen Vergleich über den Einfluß der Materialbearbeitung. Streng vergleichbar sind nur die Proben aus den Platten A und B, da das Hämmern bei C schwerlich ganz gleichmäßig ausführbar sein wird. Dies trifft auch für Reihe V b zu und das Gleiche gilt bei Reihe V c für die aus Platte F stammenden Proben.

b) Zu ähnlichem Zweck sind für Biegeversuche aus den gleichen Platten je 5 Proben zu entnehmen[2]).

c) Zur Ergänznng der Reihe V a sind aus den Platten D bis F je fünf Stäbe 1, 5, 9, 13 und 17; 2, 6, 10, 14 und 18; 3, 7, 11, 15 und 19; 4, 8, 12, 16 und 20 zu entnehmen, welche auch einen Vergleich über den Einfluß der Materialbearbeitung gestatten.

Ueber die Versuchsausführung sind noch folgende allgemeine Bemerkungen zu machen.

Die kleinen Stäbe (Form b und c) wurden auf der Maschine G mit der in Fig. 13 Taf. I gezeichneten Einspannvorrichtung zerrissen. Diese Einspannvorrichtung ergreift den Probestab mit zwei Beißbacken, die durch zwei Querstifte gezwungen werden, zusammen zu wirken. Die

[1]) Die Stäbe B 1—5 sind aus Versehen nicht in der Walzrichtung aus dem Blech entnommen, sondern quer dazu, wie im Zerlegungsplan Fig. 6 durch die punktirten Linien angedeutet. Dementsprechend hat die Gesammtlänge der Stäbe etwas verringert werden müssen. Gebrauchs- und Meßlänge sind aber die normalen geblieben.

[2]) Diese Proben sollten dem Plane gemäß als Hin- und Herbiegeproben ausgeführt werden; durch ein Mißverständniß war jedoch ein Theil als einfache Biegeprobe ausgeführt, und ich zog es deswegen vor, alle Proben gleich behandeln und für die Hin- und Herbiegeprobe nachträglich eine besondere Reihe ausführen zu lassen.

Beißbacken werden durch schwache Gegenfedern auseinander gehalten; sie finden ihre Lagerung in entsprechenden Nuthen der halbkugelförmigen Stahlschalen, in die sie durch die beiden schwachen Spiralfedern eingedrückt werden. Die Kugelschalen sind ihrerseits in den beiden Gleitkeilen gelagert, die den zum Einbeißen erforderlichen Seitendruck erzeugen. Diese Seitenkeile sind durch die beiden durch ihre beiden Stifte zusammenhängenden Beißbacken ebenfalls zu gemeinsamem Vorgehen gezwungen. Damit die Keile beim Rückwärtsgange das Maul selbstthätig öffnen, sind sie zwangläufig geführt. Die Einspannung ist bequem; man legt den Stab ein und drückt mit einem gabelförmigen Hebel, Fig. 14 Taf. I die Keile an. Aber die Vorrichtung ist für den praktischen Gebrauch schließlich doch zu komplicirt; vor allen Dingen ist sie für die Ausführung von Feinmessungen, wie alle Einspannvorrichtungen mit Keilwirkung nicht recht geeignet; bei derartigen Einspannvorrichtungen läßt sich das ruckweise Vorgehen der Keile kaum vermeiden, wodurch dann leicht Störungen der Spiegelablesungen hervorgerufen werden. Für die Selbstaufzeichnung der Schaulinien ist die Bewegung der Zeichentrommel Fig. 15 vom Probestab selbst eingeleitet, indem die Schneiden der beiden federnden Klemmbügel Fig. 16 Taf. I in genau 140 mm Entfernung an Stab b angesetzt wurden. Um diese Entfernung stets ohne Weiteres zu erreichen, geschah das Ansetzen der Klemmbügel außerhalb der Maschine, indem der Probestab in eine Holzlehre Fig. 16 a gelegt wurde, die auch genau passende Ausschnitte für die Klemmbügel hatte. Auf diese Weise mußten diese stets an dieselbe Stelle des

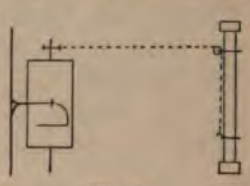


Fig. 15.

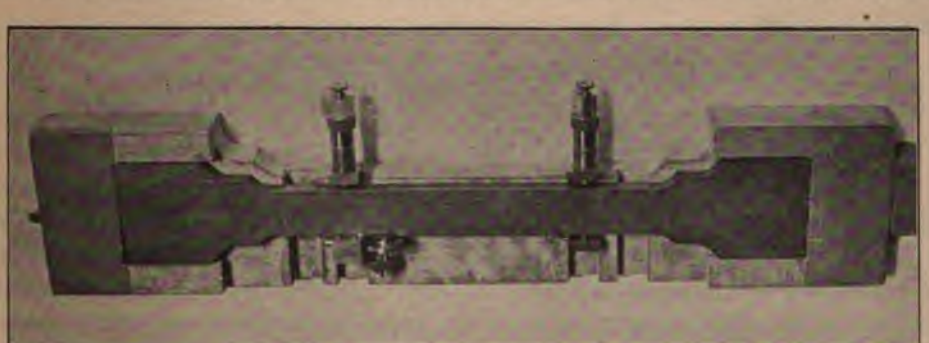


Fig. 16 a.

Stabes kommen. Von den Klemmbügeln trug der eine ein Röllchen, der andere einen Haken für den zur Trommel führenden sehr feinen Kupferdraht. Diese Einrichtung hat sich sehr gut bewährt, indessen ist auch sie noch zu komplicirt, so daß ich später zahlreiche andere noch ausprobirte, worüber an anderer Stelle gesondert berichtet werden wird.

Versuchsergebnisse.

A. Ergebnisse der Reihe III.

Die Versuche sind nicht in der Reihenfolge ausgeführt, wie sie im Versuchsplan aufgeführt worden sind. Dies war zum Theil wegen äußerer, durch den Betrieb der Anstalt gegebene Bedingungen, zum Theil aber auch deswegen geboten, weil einige Probeversuche erwiesen, daß einerseits die Glühwirkungen auf die Kupferstäbe schon bei weit geringeren Hitzegraden beginnen, als man ursprünglich annahm, und andererseits bei höheren Wärme-

graden die in Aussicht genommene einfache Ausführungsform für die Glühungen nicht mehr zulässig erschien.

Entsprechend den Angaben des Fabrikanten wurde anfangs angenommen, daß erst bei Dunkelrothgluth die Wirkungen des Ausglühens beginnen würden; man mußte deswegen Hitzegrade bis zu 800° in den Bereich der Versuche ziehen. Aeltere Untersuchungen hatten die Anwendung von Bleibädern als außerordentlich einfach, leicht und sicher durchführbar erwiesen. Bei der in Aussicht genommenen hohen Hitze war aber die Möglichkeit der Einwirkung von Blei auf Kupfer wahrscheinlich. Um mich zu überzeugen, wie weit man hier gehen könne, ließ ich folgende Vorversuche ausführen.

Kupferstücke wurden in einem kleinen Tiegel unter Luftabschluß im Bleibade einige Stunden lang im Gasglühofen geglüht, wobei mäßig helle Rothgluth innegehalten wurde. Die Stücke waren dann verbleit und zeigten, nachdem man mit einem Lappen das flüssige Blei abgewischt hatte, daß die eintauchenden Enden sichtbar dünner geworden waren, als die aus dem Bleibad hervorragenden. Glühungen von langer Dauer bei mäßiger Rothgluth durften also jedenfalls nicht im Bleibad ausgeführt werden[1]).

Um nun festzustellen, wie weit man in dieser Richtung gehen dürfe, beschaffte ich hartgezogenen Kupferdraht von etwa 7 mm Durchmesser in geraden Stäben, ließ ihn in Probestücke von je 300 mm zerlegen und unterwarf diese Stücke folgenden planmäßigen Untersuchungen. Hierfür war eine breitere Grundlage gewählt, als unmittelbar nöthig gewesen wäre, um auch diese Versuche mit für die gestellten Aufgaben für die Kupferuntersuchung ausnutzen zu können.

a) Glühversuche mit hartgezogenem Kupferdraht.

Die 7,1 mm starken Drahtproben von 300 mm Länge wurden laufend nummerirt und dann zum Versuch wie folgt vorbereitet.

Versuchsreihen a und a'. Die Proben wurden bei verschiedenen Wärmegraden je 2 Minuten lang erwärmt, dann in Wasser von Zimmerwärme schnell abgeschreckt und hierauf dem Zerreißversuch unterworfen, um festzustellen, bei welchem Wärmegrade das Weichwerden des hartgezogenen Kupferdrahtes beginnt. Die Erwärmung bei 100 C° geschah im Dampfbad, bei 200 C° im Paraffinbad und bei 300 C° und mehr im Metallbad (Blei, Zinn und etwas Wismuth). Die Stäbe hatten eine etwas fettige Oberfläche; man konnte das anhaftende Metall im warmen Zustande durch Abwischen mit dem Lappen entfernen, nur von etwa 450 C° an fanden sich einzelne Stellen, an denen es festhaftete; über 500 C° hinaus kamen Flächen vor, an denen Auflösung von Kupfer bemerkbar wurde, wenn auch die Flächenvertiefungen nur außerordentlich gering waren.

Versuchsreihe a''. Die Proben wurden bei 300 C° ½, 1, 2, 4 u. 10 Min., bei 350 C° 1, 4 u. 10 Min. lang erwärmt und dann in Wasser von Zimmerwärme schnell abgeschreckt, um festzustellen, ob die Dauer der Erwärmung von Einfluß auf den Beginn der Erweichung ist.

Versuchsreihe a'''. Die Proben wurden bei 300 C° 32 mal und bei 350 C° 2, 4 und 8 mal je ½ Min. lang erwärmt und jedesmal in Wasser von Zimmerwärme abge-

[1]) Bei den weiter unten beschriebenen Stauchversuchen im erhitzten Zustande war der Würfel E 148, nachdem er längere Zeit, angeblich bei 350 C°, im Zinnbad gelegen, auf etwa ⅓ seines Inhaltes vermindert. Zinnzusatz wurde daher in der Folge vermieden.

schreckt um festzustellen, ob die mehrfach wiederholte Zustandsänderung von Einfluß auf den Beginn der Erweichung ist.

Versuchsreihe a''''. Die Proben wurden mit verschiedenen Ueberzügen versehen, um zu versuchen, ob man den Angriff des Metallbades beim Erhitzen auf 525 C° vermeiden oder vermindern könne.

In Nachfolgendem sollen die Ergebnisse dieser für die Praxis gewiß lehrreichen Versuche besprochen werden. Ich muß aber hier besonders darauf aufmerksam machen, daß es überhaupt nicht wohl thunlich ist, in diesen Bericht alle bei den Versuchen gewonnenen Zahlenwerthe zu veröffentlichen, weil die Tabellen einen ganz außerordentlich großen Umfang annehmen würden und es trotzdem schwierig werden würde, ihnen einen so klaren und übersichtlichen Charakter zu geben, daß sich jedermann ohne mühevolles Studium in ihnen zurecht finden kann. Ich habe es deswegen vorgezogen, lieber die zeichnerische Darstellungsweise der Versuchsergebnisse durch Schaulinien in etwas ausführlicherer Weise heranzuziehen, als es sonst bei solchen Berichten wohl üblich ist. Ich hoffe hierdurch den Gegenstand nicht nur kürzer, sondern vor allen Dingen auch übersichtlicher vorführen und das Gesetzmäßige in den Versuchsergebnissen charakteristischer entwickeln zu können, als dies durch Tabellen geschehen könnte. Der Leser muß mir hierbei freilich vertrauen, daß ich die Zahlen in sachgemäßer Weise benutzte und alles aus ihnen herausholte, was in ihnen steckt. Aber ich darf wohl bemerken, daß für jedermann, der etwa irgend eine Seite eingehender verfolgen oder entstandene Zweifel beseitigen möchte, jederzeit die Einsichtnahme in die Originalprotokolle und in die zur Anfertigung der Zeichnungen benutzten Tabellenwerke frei steht, da sie in der Versuchs-Anstalt ebenso wie die Probestücke, aufbewahrt werden.

I. Einfluß einmaliger Erhitzung mit nachfolgender Abschreckung.

Die Versuche sind meistens mit Zuhülfenahme des Spiegelapparates ausgeführt worden, und da gerade die Ergebnisse der Feinmessungen sehr charakteristisch und sicher den Beginn der Erweichung des hartgezogenen Drahtes erkennen lassen, so seien sie hier zuerst behandelt; die Hauptzahlen sind in Tab. 5 niedergelegt und in Fig. 17—21 dargestellt.

In Fig. 17 Taf. I sind die Verlängerungen $\triangle \lambda$ in zehntausendstel Millimetern ($0{,}0001\ \text{mm} = \text{mm} \cdot 10^{-4}$) eingetragen, welche der Stab für eine Meßlänge $l = 100$ mm und für den jeweiligen Spannungszuwachs $\triangle \sigma = 1{,}3$ kg/qmm (Belastungsstufe von 50 kg bei einem Querschnitt $f = 39{,}6$ qmm) unter der stufenweise zunehmenden Belastung erfährt, und zwar bezieht sich die Darstellung in Fig. 17 auf die Versuchsreihe a und a'. Die durch gleichartige feine Linien verbundenen Punkte stellen die beobachteten Werthe der einzelnen Versuchsreihe dar. Die stark ausgezogene Ausgleichungslinie für die Einzelbeobachtungen ist für die Darstellung der Gesetze weiter benutzt. Für jede Wärmestufe sind die zusammengehörigen Versuchsergebnisse gesondert und immer gegen die voraufgehende Gruppe um 100 Einheiten ($100 \cdot 10^{-4}$) versetzt aufgetragen, weil sonst die Linien zu sehr in einander laufen würden. Am Fuß der Linien ist der Wärmegrad angegeben, bei welchem die dem Versuch voraufgehende Erhitzung stattfand. In der Versuchsreihe a wurden jedesmal zwei Drähte auf gleichen Grad erhitzt (daher zwei Punktreihen, durch feine Linien verbunden). Da, wie man sehen wird, sich wesentlich Unterschiede bei den gleichwerthigen Versuchen nicht zeigten, wurde Reihe a' (ebenso wie manche folgende) immer nur mit je einem Versuch für jede Wärmestufe ausgeführt. Bei der Reihe a wurden in bestimmten Zwischenräumen Entlastungen vorgenommen und dann wieder die letztgetragenen Lasten eingestellt und hierauf um

Tabelle 5. Einfluß voraufgehender Erwärmung auf die

Die Erwärmungen dauerten, wenn nicht im Kopfe anders angegeben, 2 Min.;
Meßlänge 110 mm, Maschine G.

Erwärmt bei C°		nicht		100		200		309	307	300	325	350	375	400	403	416	406	450	500	550
Draht-Nr.		2	3	4	5	7	8	10	11	39	31	33	35	36	13	16	17	28	47	56
Belastung P = kg	Spannung σ = kg/qmm	Verlängerungen λ gemessen auf 100 mm																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
25	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	1,3	49	45	47	48	44	50	49	49	43	38	45	53	48	50	50	54	57	44	49
100	2,5	143	143	142	147	142	146	148	143	130	130	144	150	155	161	169	177	160	160	163
150	3,8	239	245	239	242	237	239	249	242	223	213	241	259	315	291	310	327	326	359	275
200	5,1	336	340	339	337	332	333	347	343	309	296	334	378	515	464	490	513	551	584	700
250	6,3	434	441	434	439	431	426	448	438	409	389	432	508	818	679	706	756	914	1071	1181
25	0,6	4	2	2	2	1	2	2	3						151	166	213	—	—	—
250	6,3	434	444	433	437	431	428	447	434						721	750	806	—	—	—
300	7,6	534	545	531	538	529	522	549	533	503	477	529	631	1103	963	1063	1092	1402	1942	2863
350	8,8	635	645	633	634	623	620	649	627	593	570	626	773	1701	1382	1488	1635	2612		
400	10,1	732	750	732	735	725	713	746	727	689	669	724	896	3050	2570	6700	8180			
25	0,6	10	12	7	7	6	8	8	5						1867	5972	8260			—
400	10,1	732	750	732	734	721	712	747	727						3770	8190				—
450	11,4	833	856	835	836	824	811	849	825	770	759	822	1043							
500	12,6	940	958	937	941	922	909	947	923	870	851	915	1197							
550	13,9	1040	1064	1040	1047	1020	1008	1051	1027	957	947	1026	1333							
25	0,6	19	25	11	11	10	11	10	10											
550	13,9	1040	1085	1038	1045	1020	1008	1050	1023											
600	15,2	1147	1187	1146	1149	1120	1104	1152	1121	1060	1041	1117	1493							
650	16,4	1251	1291	1253	1257	1221	1205	1255	1223	1153	1142	1226	1678							
700	17,7		1399	1362	1363	1325	1302	1357	1324	1248	1240	1319	1859							
25	0,6		43	20	26	14	16	13	18											
700	17,7		1399	1363	1363	1324	1301	1358	1326											
750	19,0		1509	1472	1476	1425	1406	1463	1427	1347	1333	1424	2101							
800	20,2	1577	1622	1583	1587	1535	1509	1571	1530	1450	1435	1526	2306							
850	21,5	1691	1741	1697	1700	1647	1613	1681	1633	1550	1536	1641	2643							
25	0,6	53	70	34	39	28	29	22	30											
850	21,5	1696	1743	1695	1699	1649	1618	1683	1631											
900	22,7	1806	1861	1811	1812	1753	1726	1787	1743	1652	1643	1754	3095							
950	24,0	1922	1979	1928	1928	1872	1839	1907	1850	1757	1743	1869	4153							
1000	25,3	2040	2106	2049	2050	1998	1961	2024	1970	1873	1856	1998								
25	0,6	85	113	62	64	51	53	56	43											
1000	25,3	2050	2117	2046	2052	1999	1961	2025	1964											
1050	26,5	2165	2234	2177	2170	2116	2085	2140	2080	1982	1968	2117								
1100	27,8	2289	2361	2300	2292	2243	2210	2269	2203	2104	2088	2244								
1150	29,0	2416	2506	2422	2421	2374	2330	2397	2326	2220	2218	2381								
25	0,6	135	181	98	110	96	98	80	80											
1150	29,0	2427	2512	2432	2430	2381	2338	2400	2328											
1200	30,3	2548	2640	2550	2553	2511	2460	2523	2460	2350	2341	2539								
1250	31,6	2688	2790	2686	2691	2652	2593	2671	2589	2482	2485	2727								
1300	32,8	2830	2947	2828	2840	2810	2728	2821	2739	2614	2625	2959								
25	0,6	217	291	165	189	168	159	161	165											
1300	32,8	2850	2976	2836	2852	2821	2742	2832	2763											
1350	34,1	2995	3105	2979	2991	2964	2885	2992	2910	2775	2803	3207								
1400	35,4	3162	3309	3150	3151	3140	3038	3180	3100	2947	2981	3624								
1450	36,6	3352	3523	3320	3324	3330	3222	3448	3375	3170	3243									
25	0,6	399	530		330	313	299	404												
1450	36,6	3410	3591		3363	3372	3255	3500												
1500	37,9	3592	3783	3502	3540	3560	3436	3790	3740	3440	3593									
1550	39,2	3947	4074	3750	3774	3833	3680			3840										
1600	40,4				4086															
1650																				

ängerung λ eines hart gezogenen Kupferdrahtes.

roben wurden alsdann in Wasser von Zimmerwärme schnell abgekühlt.
chter Kunze und Zizmann

	300°					350°			350° 0,5 Min. lang			bei 525 C° je 5 Min. lang					Erwärmt bei C°	
m.	1 Min.	2 Min.	4 Min.	10 Min.	32mal	1 Min.	4 Min.	10 Min.	2mal	4mal	8mal							
	38	39	41	44	50	26	45	54	27	46	55	48	59	58	49	30	Draht-Nr.	
länge ausgedrückt in 1/10000 mm																	Spannung $\sigma =$ kg/qmm	Belastung $P =$ kg
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
)	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	25
	37	43	47	39	42	62	55	0	32	37	40	55	54	57	45	52	1,3	50
	132	130	141	122	140	151	163	110	128	132	141	170	170	192	167	160	2,5	100
	220	223	231	214	234	248	276	228	228	213	234	350	349	359	378	342	3,8	150
)	315	309	325	302	338	353	396	375	323	312	338	687	652	684	670	660	5,1	200
	405	409	423	399	443	455	497	537	432	415	443	1235	1134	1217	1258	1087	6,3	250
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,6	25
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6,3	250
	500	503	514	487	521	552	617	741	520	503	536	3190	2489	2366	3890	2388	7,6	300
	588	593	600	582	623	658	743	1008	620	606	645						8,8	350
	678	689	695	680	719	758	865	1302	720	706	753						10,1	400
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—						0,6	25
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—						10,1	400
)	765	770	793	769	816	859	995	1730	817	810	—						12,4	450
	861	870	883	872	906	955	1124	2770	923	905	979						12,6	500
	949	957	982	964	1008	1057	1257		1028	1004	1088						13,9	550
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—						0,6	25
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—						13,9	550
2	1051	1060	1072	1062	1098	1160	1398		1134	1109	1203						15,2	600
	1140	1153	1185	1156	1203	1273	1558		1232	1210	1326						16,4	650
2	1238	1248	1270	1255	1299	1381	1722		1345	1325	1453						17,7	700
	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—						0,6	25
	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—						17,7	700
	1335	1347	1366	1360	1388	1484	1860		1451	1428	1570						19,0	750
	1429	1450	1470	1454	1495	1587	2033		1565	1532	1699						20,2	800
	1529	1550	1576	1561	1600	1710	2242		1671	1640	1838						21,5	850
	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—						0,6	25
	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—						21,5	850
	1637	1652	1679	1657	1798	1809	2455		1780	1759	1981						22,7	900
	1743	1757	1779	1763	1898	1930	2727		1902	1883	2138						24,0	950
	1851	1873	1873	1885	1911	2050	3095		2030	2005	2323						25,3	1000
	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—						0,6	25
	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—						25,3	1000
)	1965	1982	1990	1987	2028	2183	3750		2160	2120	2508						26,5	1050
	2083	2104	2115	2102	2138	2307	—		2272	2257	2741						27,8	1100
2	2185	2220	2237	2237	2258	2447	—		2406	2403	3063						29,0	1150
	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—						0,6	25
	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—						29,0	1150
	2315	2350	2347	2355	2377	2588	—		2550	2555	3658						30,3	1200
)	2441	2482	2474	2485	2508	2755			2707	2740							31,6	1250
	2555	2614	2617	2620	2643	2944			2865	2950							32,8	1300
	—	—	—	—	—	—			—	—	—						0,6	25
	—	—	—	—	—	—			—	—	—						32,8	1300
)	2715	2614	2766	2805	2810	3147			3073	3170							34,1	1350
	2880	2775	2921	3008	2988	3446			3312	3500							35,4	1400
	3070	2947	3114	3250	3223	3870			3632	4065							36,6	1450
	—	—	—	—	—	—			—	—							0,6	25
	—	—	—	—	—	—			—	—							36,6	1450
	3295	3170	3379	3660	3763	4730			4235								37,9	1500
	3605	3440	3767	4415	4308												39,2	1550
	3985	3840	4589														40,4	1600
																		1650

drei neue Laststufen weiter gegangen. Um dies anzudeuten sind die feinen Linien an den Stellen unterbrochen gezeichnet, wo eine Entlastung stattfand. Nachdem bei der Reihe a erkannt war, daß zwischen 300 und 400 C° die Erweichung des hartgezogenen Kupferdrahtes eintrat, lag es nahe, durch Einschiebung von Zwischenstufen den Punkt genauer zu bestimmen, und zugleich durch höhere Erhitzungen zu erfahren, ob der Abfall sich noch weiter vergrößern würde. Deswegen wurde Reihe a' hinzugefügt.

Wenn man auch die kleine Abweichung bei $t = 300$ C° außer Acht läßt und sie sich nach Maßgabe der voraufgehenden und folgenden Linie ausgeglichen denkt (wie der punktirte Theil andeutet)[1]), so geht dennoch aus dem Schaubilde hervor, daß schon eine Erwärmung auf 300 C° eine merkliche Veränderung der Kurven hervorruft, während der Abfall zwischen 325 und 350 C° ganz deutlich hervortritt. Bei 400 C° ist die Erweichung bereits so bedeutend, daß sie bei höherer Erhitzung bis zu 550 C° nur noch um ein Geringes zunimmt. Die charakteristischen Aenderungen treten noch deutlicher in die Erscheinung, wenn man die Schnittpunkte der Ausgleichslinien mit den Abscissen für $\triangle\lambda = 100, 150, 200, 250$ u. s. w. Einheiten durch feine stetig gezogene Linien verbindet[2]).

Das Gesetz, durch welches die Abhängigkeit des Verlängerungszuwachses $\triangle\lambda$ für die Spannungsstufe $\triangle\sigma = 1{,}3$ kg/qmm von der Gesammtspannung σ im Stabe und von der voraufgegangenen Erhitzung auf $t = 20$ bis 550 C° gegeben ist, kann man sich als eine krumme Oberfläche vorstellen, von der in Fig. 18 Taf. I die Horizontalschnitte (Linien für die durch gleiche Spannungen σ erzeugten Verlängerungszuwachse $\triangle\lambda$), in Fig. 19 aber die Vertikalschnitte (Linien der Spannungen σ, welche gleichen Verlängerungszuwachs für die Spannungsstufe $\triangle\sigma = 1{,}3$ kg/qmm erzeugen) verzeichnet sind. Nach diesen Linien ließ ich einen Gypskörper formen, dessen Abbildung in Fig. 20 gegeben ist, und der sehr anschaulich den praktischen Werth der graphischen Methode für den Ausgleich von Beobachtungsreihen erweisen dürfte. Ob in Fig. 19 der Verlauf der Linien für $\triangle\lambda = 100$, 110 u. s. w. zwischen $t = 20$ bis 325 C° zufällig ist, oder in der That einer Eigenthümlichkeit des Materiales entspricht, müssen weitere Versuche entscheiden.

Fig. 20.

Betrachtet man den Verlauf der Linien für den Verlängerungszuwachs $\triangle\lambda$ (Fig. 17) an sich, so leuchtet ein, daß selbst

---

[1]) Die Linien $t = 325$ bis 375 C° gehören der später ausgeführten Reihe a' an, und daher mag es kommen, daß zwischen den beiden Gruppen kein stetiger Uebergang stattfindet.

[2]) Um Mißdeutungen vorzubeugen, will ich hier besonders hervorheben, daß diese Linien von mir lediglich aus praktischen Gründen zur klaren Vergegenwärtigung der Materialeigenschaften eingetragen sind. Da in den folgenden ähnlichen Figuren die einzelnen Beobachtungsreihen nicht immer nach bestimmtem Maßstabe (z. B. nach der Höhe der Wärmegrade) geordnet eingezeichnet sind, so können die feinpunktirten Verbindungslinien das Gesetz nur in der Verzerrung angeben, nach welchem in den vorher auf t C° erhitzten Stäben die Spannungen σ bestimmte Werthe z. B. $\triangle\lambda = 100, 150, 200$ u. s. w. Einheiten erzeugen.

für hartgezogenes Kupfer keine einfache Proportionalität zwischen den Spannungen und Formänderungen besteht,

denn die Linien sind alle von Anfang an etwas gegen die Ordinaten geneigt, der Werth $\frac{\triangle\lambda}{\triangle\sigma}$ ist also keine Konstante.

Für die Beurtheilung des elastischen Verhaltens des Kupfers ist es von Interesse den Verlauf der bleibenden Formänderungen zu untersuchen und festzustellen, von welcher Spannung σ an die meßbare bleibende Formänderung beginnt, und welchen Einfluß hierauf die voraufgehende Erhitzung ausübt. Um einen Ueberblick hierüber zu gewähren, ist (in größerem Maßstabe für die bleibenden Verlängerungen $\lambda' \cdot 10^{-4}$) Fig. 21 Taf. I entworfen. Mit Ausnahme der Liniengruppen für 20 C° zeigen die Linien bis zu 300 C° nahezu gleichen Verlauf; bei 400 C° zeigt sich auch hier ein ganz erheblicher Abfall, wie dies nach Voraufgehendem ja zu erwarten war. Die Linien für λ' zeigen, daß

selbst bei hartgezogenem Kupfer die bleibende Verlängerung sehr wahrscheinlich schon bei ganz niedrigen Spannungen σ eintritt, wenn nicht die Linien gar erst für $\sigma = 0$ die Ordinaten berühren.

Von weiterem Interesse wird es sein, den Betrag $\lambda - \lambda'$, den Antheil festzustellen, den die elastische Verlängerung an λ hat und zu untersuchen, ob nicht die rein elastische Verlängerung etwa für einen größeren Abschnitt ein bestimmtes Verhältniß $\left(\frac{\triangle(\lambda-\lambda')}{\triangle\sigma} = \text{const}\right)$ zeigt. Um einen Ueberblick hierüber zu gewinnen, habe ich die Tab. 6 entworfen, in welcher für die Entlastungsstufen sowohl die Verlängerungen λ (Gruppe a), als auch die elastischen Verlängerungen $\lambda - \lambda'$ (Gruppe d) eingetragen sind.

Tabelle 6. Gesammte und elastische Verlängerungen des hartgezogenen Kupferdrahtes bei verschiedenen Spannungen.

Meßlänge 1 = 100 mm.

Spannungen σ =	6,3	10,1	13,9	17,7	21,5	25,3	29,0	32,8	36,6	6,3	10,1	13,9	17,7	21,5	25,3	29,0	32,8	36,6
t C° Draht Nr.	Verlängerungen in 0,0001 mm									Verlängerungen in 0,0001 mm								
	a) Verlängerungen λ									d) Verlängerungen $\lambda - \lambda'$								
20° 2 u. 3	438	741	1052	—	1716	2073	2461	2889	3438	435	730	1030	—	1654	1974	2303	2635	2973
100° 4 u. 5	437	734	1044	1363	1695	2050	2422	2834	3322	435	727	1033	1340	1658	1987	2318	2657	2992
200° 7 u. 8	429	719	1014	1314	1630	1980	2352	2769	3276	428	712	1003	1299	1601	1928	2255	2605	2970
300° 10 u. 11	443	737	1039	1341	1657	1995	2362	2780	3412	440	730	1029	1325	1631	1945	2282	2617	3008
	b) Unterschiede $\triangle\lambda$									e) Unterschiede $\triangle(\lambda - \lambda')$								
20° 2 u. 3	—	303	311	332	332	357	388	428	549	—	295	300	312	312	320	329	332	338
100° 4 u. 5	—	297	310	319	332	355	372	412	488	—	292	306	307	318	329	331	339	335
200° 7 u. 8	—	290	295	300	316	350	372	427	507	—	284	291	296	302	327	327	350	365
300° 10 u. 11	—	294	302	302	316	338	367	418	632	—	290	299	296	306	314	337	335	391
	c) Unterschiede $\triangle^2\lambda$									f) Unterschiede $\triangle^2(\lambda - \lambda')$								
20° 2 u. 3	—	—	8	21	0	25	31	40	121	—	—	5	12	0	8	9	3	6
100° 4 u. 5	—	—	13	9	13	23	17	40	76	—	—	14	1	11	11	4	8	−4
200° 7 u. 8	—	—	5	5	16	34	22	45	80	—	—	7	5	6	25	0	23	15
300° 10 u. 11	—	—	8	0	14	22	29	(51)	(214)	—	—	9	−3	10	8	23	−2	(56)
Mittel	—	—	8,5	8,8	10,8	26,0	24,8	41,7	92,3	—	—	8,8	3,8	6,8	13,0	9,0	8,0	5,7

Aus diesen Werthen sind dann die ersten und zweiten Differenzenreihen gebildet, und man wird leicht bemerken, daß wohl $\triangle\lambda$, aber nicht $\triangle(\lambda - \lambda')$ ein gesetzmäßiges Wachsthum zeigt. In der zweiten Differenzenreihe tritt dieser Unterschied klarer hervor, indem die Reihe $\triangle^2\lambda$ entschiedenes Wachsthum zeigt, aber die Reihe $\triangle^2(\lambda - \lambda')$ unregelmäßigen Verlauf giebt. Ob in der That in dieser letzteren Reihe die Werthe als konstant betrachtet werden dürfen, kann aus den wenigen Versuchen nicht entschieden werden, weil für solche Ableitungen die Versuchsfehler immerhin noch zu groß sind. Ich unterlasse aus diesem Grunde weitere Schlußfolgerungen.

Die Veränderung der Hauptwerthe der Festigkeitseigenschaften des hartgezogenen Kupferdrahtes durch die voraufgegangene Erwärmung läßt sich leider nicht in gleich ausführlicher Weise verfolgen, weil bei den Versuchen eigentlich nur Werth auf die Ausführung der Feinmessungen gelegt wurde, indem diese den sichersten Anhalt für den Eintritt der Erweichung zu bieten schienen. Die Verlängerung nach dem Bruch ist in der Versuchsreihe a garnicht festgestellt; diese Messung aber an den noch vorhandenen Probestäben nachträglich auszuführen ging nicht an, weil die Endmarken bereits unkenntlich geworden waren; außerdem würden aber diese Messungen deswegen von großem Nutzen gewesen sein, weil die meisten Drähte in den Einspannungen rissen. Tab. 7 enthält diejenigen Zahlen, die ermittelt worden sind, und Fig. 22 Taf. I giebt die zeichnerische Veranschaulichung.

Hiernach sieht man ohne weiteres, daß die

Veränderung im hartgezogenen Kupferdraht bereits durch eine zwei Minuten lange Erwärmung auf nur 250 C° eingeleitet wird, und daß die eigentliche Erweichung innerhalb des Abschnittes von 300 bis 400 C° erfolgt; Erwärmung über diesen Punkt hinaus bis zu 550 C° hat keinen wesentlich größern Einfluß. Während des Abschnittes 300—400 C° sinken σ_S und σ_B erheblich, aber am schnellsten σ_S und daher auch das Verhältniß σ_S / σ_B; Dehnbarkeit δ nimmt ganz beträchtlich zu.

Tabelle 7. **Veränderungen der Festigkeitseigenschaften des hartgezogenen Kupferdrahtes durch die voraufgegangene Erhitzung auf t C°.**

Meßlänge $l = 100$ mm $= 15{,}9\ Vf.$

Versuchsreihe . .	a	a	a	a a''	a'	a'	a'	a a'	a'	a'	a'	a'	a'	a'	a'
Drahtnummer . .	2 u. 3	4 u. 5	7 u. 8	10, 11 u. 39	31	33	35	13, 16, 17u. 36	28	47	56	32	20	9	12
Erhitzt auf . . .	—	100	200	300	325	350	375	400	450	500	550	325	350	375	400
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
σ_S kg/qmm	36,9	37,7	37,4	35,7	34,5	31,0	20	5,8	4,6	4,2	4,2	**37,9**	**32,8**	**24,0**	**9,7**
σ_B " "	39,8	40,4	40,3	38,8	37,9	35,0	32,3	25,2	25,2	24,6	24,6	**39,7**	**36,1**	**30,8**	**25,5**
σ_Z " "	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	**32,9**	**30,4**	**26,2**	**22,0**
$\delta_{15,9}$ %	—	—	—	—	(0,0)	(0,2)	16,2	40,7	45	41	(30,7)	**2,5**	**3,9**	**17,0**	**44,0**
$\sigma_S/\sigma_B =$	0,93	0,93	0,93	0,92	0,91	0,89	0,62	0,23	0,18	0,17	0,17	**0,96**	**0,91**	**0,78**	**0,38**
z =	—	—	—	—	—	—	0,26	1,81	2,50	2,41	—	**0,03**	**0,04**	**0,22**	**1,16**

Bemerkungen: Bei Draht Nr. 5, 7, 8, 10, 11, 31, 33, 37, 39, 41 und 56 Bruch außerhalb der Marken, meistens in der Einspannung, daher konnte δ nicht bestimmt werden. Bei Nr. 35 Bruch 5 mm von der Endmarke; bei Nr. 36 Bruch 23 mm von der Endmarke. Die Werthe in den Spalten 12—15 sind aus der Selbstaufzeichnung der Maschine N bestimmt. Als Streckgrenze ist in Spalte 1—13 diejenige Spannung eingefügt, die etwa $\triangle\lambda = 0{,}0200$ mm erzeugte (bestimmt aus Fig. 17).

Bezeichnet man mit $\mathfrak{Z}$ (ich komme auf diesen Ausdruck später nochmals zurück) die Beziehung $\mathfrak{Z} = \frac{\sigma_B}{\sigma_S} \cdot \frac{\delta}{100}$, so bemerkt man, daß dieser Werth sich innerhalb des vorgenannten Abschnittes erheblich vergrößert; sowohl σ_S/σ_B als auch $\mathfrak{Z}$ zeigen in diesem Abschnitte Uebergänge von einem nahezu konstanten Werth für den hartgezogenen Zustand zu einem andern konstanten Werth für den weichen Zustand (vergl. die feinpunktirten Linien in Fig. 22).

2. Einfluß der Erhitzungsdauer.

Nachdem sich durch die vorbesprochenen Untersuchungen herausgestellt hatte, daß die Erweichung des hartgezogenen Kupferdrahtes schon bei einer zwei Minuten langen Erwärmung des Drahtes auf noch nicht 300 C° mit darauf folgendem Abschrecken in Wasser von Zimmerwärme beginnt, so lag es nahe, zu versuchen, ob mehrmalige Wiederholungen dieser Behandlung oder längere Dauer der Erhitzung einen größeren Erfolg haben würden, als einmalige Erhitzung für die Dauer von 2 Minuten.

Zur Lösung der letzten Fragen diente die Versuchsreihe a''. In dieser ist je ein Draht bei 300 C° 0,5, 1, 2, 4 u. 10 Minuten und je ein Draht bei 350 C° 1, 4 u. 10 Minuten lang erhitzt und dann abgeschreckt.

In Fig. 23 Taf. II sind in gleicher Weise, wie früher bereits besprochen, die Ergebnisse der Feinmessungen als Schaulinien eingetragen und zwar sind die Gruppen für die Erwärmung auf 300 C° (Gruppe I) und auf 350 C° (Gruppe II) getrennt gehalten. Innerhalb der beiden Gruppen sind wieder die Verbindungslinien der Punkte für gleichwerthige $\triangle\lambda$ feinpunktirt eingetragen. Man sieht aus diesen Linien für $\triangle\lambda = 100, 150, 200$ u. s. w.[1]) ganz leicht, daß bei 300 C° die Dauer der voraufgehenden Erhitzung bereits von merkbarem Einfluß ist, daß dieser Einfluß aber in Gruppe II (Erhitzung auf 350 C°) schon sehr deutlich ausgesprochen ist.

Aber ebenso deutlich geht der Einfluß der Erhitzungsdauer auch aus der Veränderung der Hauptwerthe der Festigkeitseigenschaften hervor, wie aus Tab. 8 Versuchsreihe a'' und aus der Fig. 24 Taf. II ersehen werden kann.

Tabelle 8. Veränderungen der Festigkeitseigenschaften des hartgezogenen Kupferdrahtes durch die voraufgegangene Erhitzung auf t C°.

Meßlänge 1 = 100 mm = 15,9 *Vf.*

Versuchsreihe . . .	a u. a''	a''					a'''	a''			a'''			a'	a
Nahtnummer . .	10, 11, 39	37	38	39	41	44	50	26	45	54	27	46	55	20, 33	2 u. 3
Erhitzt auf	300°	t = 300 C°						t = 350 C°			t = 350 C°			350°	20°
Erhitzt lange, wie oft	2 Min.	0,5 Min.	1 Min.	2 Min.	4 Min.	10 Min.	32 mal	1 Min.	4 Min.	10 Min.	2 mal	4 mal	8 mal	2 Min.	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
σ_S kg/qmm	35,7	38,5	37,0	36,1	36,6	35,3	35,9	33,6	21,7	7,6	34,1	32,8	26,7	31,9	36,9
σ_B " "	38,8	41,0	40,3	36,7	41,0	39,7	39,2	39,2	31,5	27,2	39,8	37,9	33,5	35,6	39,8
σ_Z " "	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$\delta_{15,9}$ %	—	—	—	—	—	16,5	—	(3,2)	(6,8)	(32,5)	—	(1,1)	(2,5)	(3,9)	—
σ_S/σ_B	0,92	0,94	0,92	0,98	0,89	0,89	0,92	0,86	0,69	0,28	0,86	0,87	0,80	0,90	0,93

[1]) Ich nehme davon Abstand, die Gesetze, nach denen die Veränderungen vor sich gehen, nach Art der Fig. 17 darzustellen, weil ich annehme, daß bei der Wichtigkeit des Gegenstandes beschlossen werden wird, diese Untersuchungen doch noch weiter auszudehnen.

Bei Draht Nr. 37, 39, 45, 50 u. 55 Bruch in der Einspannung, bei Nr. 26, 54, 27 u. 46 außerhalb der Marken im freien Theil, daher δ nicht bestimmbar oder wenigstens beeinflußt. Als Streckgrenze ist die Spannung eingesetzt, die etwa $\Delta\lambda = 0{,}0200$ mm erzeugte (bestimmt aus Fig. 23 u. 24).

Hier sieht man schon aus den ausgezogenen Linien für $t = 300$ C° (wenn man den einen abweichenden Werth außer Acht läßt[1]), daß ein geringer aber regelmäßiger Abfall der Spannungen σ_B u. σ_S mit zunehmender Erhitzungsdauer eintritt. Einen langsamen Abfall zeigt auch die Linie für das Verhältniß σ_S/σ_B. Die punktirten Linien für die auf $t = 350$ C° erhitzten Stäbe zeigen den Abfall der Werthe für σ_B, σ_S und σ_S/σ_B sehr deutlich. Die Linien für die Dehnbarkeit δ und das Verhältniß Z wachsen in ganz ausgesprochenem Maße, so daß bei noch längerer Glühdauer eine stärkere Erweichung des hartgezogenen Kupferdrahtes wohl zu erwarten gewesen wäre.

3. Einfluß der mehrmals wiederholten Erhitzung mit nachfolgender Abschreckung.

In Fig. 25 Taf. II sind in gleicher Weise wie in Fig. 23 Taf. II die Ergebnisse der Feinmessungen an Stäben dargestellt, die einer mehrmaligen Erhitzung auf 300 oder 350 C° unterworfen wurden. (Versuchsreihe a‴). Bei $t = 300$ C° wurde 32malige Erhitzung von je 0,5 Min. Dauer mit jedesmaliger Abschreckung in Wasser angewendet. Die punktirten Linien a (in Gruppe 350 C° mit b bezeichnet) geben die Ausgleichungslinien aus den Fig. 17 u. 23 Taf. I, II für die gleichen Erhitzungsgrade aber für 2 Min. Erhitzungsdauer an. Die drei Linien fallen nahezu zusammen; eine starke Erweichung hat also durch die 32malige Erhitzung nicht stattgefunden. Aus der Gruppe $t = 350$ C° geht aber der Einfluß der oftmaligen Wiederholung der Erhitzung sehr deutlich hervor. Man darf nach dem Verlauf der Linien erwarten, daß

schon bei oft wiederholten Erhitzungen auf 350 C° ebensowohl wie bei langer Erhitzung auf 350 C° hartgezogener Kupferdraht völlig weich gemacht werden kann.

Dieses Ergebniß wird noch weiter befestigt, wenn man die in Tab. 8 gegebenen Hauptwerthe der Festigkeitseigenschaften der Versuchsreihe a‴ vergleicht. Draht 50 zeigt nach 32maliger Erhitzung auf $t = 300$ C° etwa die gleichen Eigenschaften wie der Draht 44 nach einmaliger Erhitzung von 10 Minuten Dauer; er hat aber immerhin noch höhere Werthe, als sie im Mittel den Drähten 10, 11 u. 39 zukommen, die einmal 2 Minuten auf $t = 300$ C° erhitzt waren. Bei den mehrmals auf $t = 350$ C° erhitzten Drähten erkennt man aus Tab. 8 ganz deutlich die Verminderung von σ_B, σ_S und σ_S/σ_B. Die Werthe für σ_B und σ_S werden schließlich kleiner als die daneben geschriebenen Mittelwerthe der Drähte 20 u. 33 und sind erheblich vermindert gegenüber den Werthen für den Anlieferungszustand, durch die Drähte 2 u. 3 dargestellt.

Die vorbesprochenen Versuche mit hartgezogenen Drähten lassen die praktisch sehr wichtige Frage entstehen:

wie stark darf man hartgezogenes Kupfer überhaupt nur erwärmen, wenn nicht die Gefahr einer allmähligen Veränderung der Festigkeitseigenschaften eintreten soll?

Zur Lösung dieser Frage würde es allerdings einer sehr eingehenden besonderen Untersuchung bedürfen, man darf aber aus den Ergebnissen der geschilderten Versuchsreihen schon jetzt die Vermuthung aussprechen, daß

[1]) Der Werth $\sigma_B = 36{,}1$ kg/qmm für Draht 39 kann dadurch bedingt sein, daß der Draht in der Klemme abriß, also möglicherweise vorzeitig zu Bruch ging.

dieser Punkt wahrscheinlich bis nahe an 200 C° zurückliegt, daß also die allmählige Veränderung der Materialeigenschaften für kupferne Kochgefäße aus hartem Kupfer bei langer oder oft wiederholter Erwärmung nicht unbedingt ausgeschlossen erscheint.

Ob und in welchem Maße hier unter gegebenen Verhältnissen eine Gefahr besteht, kann endgültig wohl nur durch die Anstellung von Dauerversuchen mit hartgezogenem Kupfer bei Wärmegraden zwischen 100 u. 200 C° entschieden werden.

Die Versuchsergebnisse der Reihe a'''' sind in Tab. 9 mitgetheilt.

4. Wirkung von Ueberzügen.

Tabelle 9. **Wirkung verschiedener Ueberzüge auf den Grad der Erweichung von hartgezogenem Kupferdraht durch 5 Minuten langes Erhitzen im Bleibad auf 525 C°.**

Geordnet nach wachsenden Verlängerungen λ für $\sigma = 7{,}6$ kg/qmm.

Versuchsreihe		a''''				
Drahtnummer		58	30	59	49	48
Belastung P = kg	Spannung σ = kg/qmm	Verlängerungen λ in 0,0001 mm				
25	0,6	0	0	0	0	0
50	1,3	57	52	54	45	55
100	2,5	192	160	170	167	170
200	3,8	359	342	349	378	350
250	5,1	684	660	652	670	687
300	6,3	1217	1087	1134	1258	1234
350	7,6	2366	2488	2489	2990	3190
400	8,8	Bei allen Proben Fließen $\sigma_S = 8{,}8$		$\sigma_S/\sigma_B = 0{,}36$		
975	24,6	Bei allen Proben Bruch $\sigma_B = 24{,}6$				
Bruchdehnung δ_{100} = % und Art des Bruches		47,2 —	— Bruch außerhalb der Meßlänge im freien Theil	42,6 —	42,0 —	42,7 —
$Z = \frac{\sigma_B}{\sigma_S} \cdot \frac{\delta}{100} =$		1,31	—	1,18	1,17	1,18
Behandlung der Oberfläche vor dem Versuch		blank, mit Paraffin und Graphit eingerieben	blank, 2 mal mit Graf'scher Farbe gestrichen	blank, trocken mit Graphit eingerieben	blank, mit Schmirgel abgerieben	blank, mit gelbem Messinglack unter schwacher Erwärmung gestrichen
Aussehen nach dem Erhitzen		—	einige Stellen sind frei von Zinnüberzug	—	—	—

Aus Tab. 5 ersieht man, daß von den mit einem Ueberzuge versehenen Stäben die ersten drei Stäbe 58, 30 u. 59 sich bezüglich der bei $\sigma = 7{,}6$ erzielten Verlängerung ziemlich gleich verhalten haben und geringere Beträge für λ zeigen als die beiden wiederum ähnlichen Stäbe 49 u. 48. Stab 58 zeigt sich aber im übrigen Verlauf der Feinmessungen den Stäben 49 u. 48 ähnlicher. Aber nur die Feinmessungen lassen einen solchen Unterschied vermuthen, während im Uebrigen die Stäbe sich ganz gleich verhalten haben; selbst der Stab 48 zeigt keinen bemerkenswerthen Unterschied, obwohl das Metallbad ihn sichtlich angegriffen hat. Man darf wohl vermuthen, daß das leicht schmelzende Paraffin Ursache für schnelle Entfernung des Graphitüberzuges gewesen sein wird und daß daher das geschilderte ähnliche Verhalten des

Drahtes gegenüber Nr. 49 u. 48 stammt. Der Messinglack sollte nach Angabe des Verkäufers besonders beständig in höheren Wärmegraden sein, was augenscheinlich nicht der Fall ist.

Bei kurzer Erhitzungsdauer darf man die Erhitzungen im Metallbade vornehmen, ohne starke Beeinflussungen infolge chemischer Einwirkungen der Metalle auf einander befürchten zu müssen, die Ueberzüge haben fast keinen Einfluß auf die Versuchsergebnisse gehabt.

b) Glühversuche mit Kupferblechen.

Durch die Ergebnisse der Versuche mit hartgezogenem Draht waren die Fragen, welche durch Versuchsreihe III zu lösen waren, zum Theil schon aufgeklärt. Da auch Reihe IV den Einfluß der Glühungen behandelt, so sind die Glühversuche mit Blechen gemeinsam mit jenen Versuchen im Absatz F des Berichtes besprochen worden, und es wird genügen hier auf jenen Theil zu verweisen.

B. Ergebnisse der Versuchsreihe I.

a) Die Feinmessungen.

Die Ergebnisse der Feinmessungen sind im Nachfolgenden auch für die übrigen Versuchsreihen alle gleichartig behandelt und zusammengestellt worden; ich möchte daher an dieser Stelle die allgemeinen Gesichtspunkte mittheilen, um die späteren Besprechungen kurz halten zu können.

Die Beobachtungen ergaben unmittelbar die folgenden Werthe:

f = Querschnitt des Stabes in qmm.

l = Länge der Meßfedern der Spiegelapparate in mm.

P = angewendeten Belastungen in kg.

$\triangle P$ = Belastungsstufe $= P(n+1) - Pn$ in kg.

λ = Summe der Ablesungen an beiden Spiegelapparaten in $^1/_{10000}$ mm (mm 10^{-4}).

Da später die an Stäben von verschiedenen Querschnittsabmessungen gewonnenen Ergebnisse mit einander verglichen werden müssen, und da der Beobachter für die Feinmessungen leider verschiedene Meßlängen l benutzte, so sind die unmittelbaren Beobachtungsergebnisse einer Umrechnung unterzogen, um sie vergleichbar zu machen, deren Wesen sich aus Folgendem ergiebt.

σ = Spannung in kg/qmm.

$\triangle\sigma$ = Spannungsstufe in kg/qmm.

ε = Dehnung d. h. Verlängerung, welche durch σ in der Längeneinheit (mm) erzeugt wird (in den Tabellen ist $\varepsilon\, 10^6$ angegeben).

$\frac{\triangle\varepsilon}{\triangle\sigma}$ = Dehnungsunterschied für den Spannungszuwachs von 1 kg/qmm.

ε' = bleibende Dehnung nach dem Wiederanheben der Anfangslast.

ε'' = Nachdehnung, wie sie beim Einspielen der Belastung in der ersten und zweiten Minute eintritt ($\frac{\triangle\varepsilon}{\triangle\sigma}$, ε' und ε'' im gleichen Maßstab wie ε angegeben).

Hierzu ist zu bemerken, daß für die Berechnung von ε die Dehnung für die Spannungsstufen Null bis zu der für die Versuchsausführung benutzten Anfangsspannung (in der Regel 0,7 kg/qmm) nicht berücksichtigt worden ist. Dies kommt praktisch nicht in Betracht, weil

dieser Betrag gegenüber den Werthen ε unwichtig ist und weil außerdem, namentlich zu den Vergleichen über das elastische Verhalten, die Differenzenreihen $\frac{\triangle\varepsilon}{\triangle\sigma}$ besser geeignet sind, als die Reihen ε; ε' bezieht sich in gleicher Weise auf die Anfangsspannung; hier ist der gemachte Fehler jedenfalls verschwindend klein.

b) Versuchsergebnisse.

In Tab. 10 u. 11 sind die Dehnungsunterschiede $\frac{\triangle\varepsilon}{\triangle\sigma}$, die bleibenden Dehnungen ε' und die Nachstreckungen ε'' eingetragen, wie sie an Stäben von der neuen Normalstabform b vom Querschnitt 21×7 erhalten wurden. Da die Versuchsreihe I vornehmlich Auskunft über das elastische Verhalten des Kupferbleches in seinen verschiedenen Bearbeitungszuständen geben soll, so ist von der Wiedergabe der Werthe ε der Kürze wegen abgesehen worden.

Nach Tab. 10 ist Fig. 26 u. 27 Taf. II entworfen. Beide lassen erkennen, daß das Kupferblech im Anlieferungs- und im geglühten Zustande fast gleiches Verhalten zeigen. In Fig. 26 sind die Dehnungsunterschiede $\frac{\triangle\varepsilon}{\triangle\sigma}$, wie sie bei der erstmaligen Inanspruchnahme mit einer gewissen Spannungsgröße gefunden wurden, mit dicken Linien eingetragen, während die Dehnungsunterschiede, wie sie sich bei wiederholter, unmittelbar auf die Entlastung folgender Inanspruchnahme innerhalb der vorher erreichten Grenzen ergaben, durch die feinen Linien angedeutet sind. Man erkennt leicht:

> daß die Dehnungsunterschiede bei der erstmaligen Belastung erheblich größer sind, als bei der Wiederholung der gleichen Inanspruchnahme.
>
> Die Dehnungsunterschiede wachsen von vorneherein. Proportionalität findet also nicht statt; auch nicht bei sofortiger, mehrmaliger Wiederholung des Versuches innerhalb der früheren Spannungsgrenzen.

Man erkennt aber aus dem Vergleich der dicken und der feinen Linienzüge leicht, in welchem Maaße sich die Natur des Materiales durch die voraufgehende Streckung verändert; es wird augenscheinlich steifer. Bauschinger[1]) hat diesen Vorgang schon vor längerer Zeit eingehend studirt; ich selbst habe ihn bei Mittheilung der Ergebnisse über Versuche mit Magnesium[2]) ausführlich besprochen; ich muß mich hier auf einige kurze Bemerkungen beschränken.

Bauschinger und Andere haben nachgewiesen, daß Art und Größe der Eigenschaftsänderungen abhängig sind von der Zeit und der Behandlung, die der Stab inzwischen erfährt, und daß solche Aenderungen noch nach sehr langer Zeit (Monate und Jahre) stattfinden.

Die von Bauschinger der Hauptsache nach allerdings für Stahl und Eisen gefundenen, hier in Frage kommenden Gesetze kann man etwa wie folgt zusammmenfassen:

1. Wenn ein Körper mit Kräften auf Zug beansprucht wird, die von Null anwachsend Spannungen erzeugen, welche größer als die Proportionalitätsgrenze des Materiales sind, so wird diese Grenze erhöht, sofern sich das Material nicht bereits in einem künstlich beeinflußten Zustande befand. Läßt man die Spannung bei der Wiederholung des Versuches allmählig bis über jene Spannung wachsen, die die Erhöhung erzeugte, so findet man eine weitere Erhöhung der P-Grenze, bis schließlich die Streckgrenze des Materials erreicht oder gar um ein Geringes überschritten wird.

[1]) Bauschingers „Mittheilungen" 1886, Heft 13.

[2]) „Mittheilungen" 1887, Ergänzungsheft I.

Tabelle 10. Versuchsreihe I. Ergebnisse der Feinmessungen

an Stabform b aus den Blechen D und E.

Stabzeichen	Bleibende Dehnung ε'	Spannungen σ in kg/qmm 1,4	2,1	2,8	3,5	4,2	4,9	5,6	6,3	7,0	7,7	8,4	9,1	9,8
		Dehnungsunterschiede $\frac{\Delta\varepsilon}{\Delta\sigma} \cdot 10^6$ für die Spannungsstufe.												
D 22	0	81	94	113										
	30	81	84	90	153	271	591							
	526	77	88	86	87	96	[129]	1390	3370	4810				
	7750	84	90	101	98	96	110	108	122	[206]	5145	6750	7750	
Erste Belastung		**81**	**94**	**113**	**153**	**271**	**591**	**1390**	**3370**	**4810**	**5145**	**6750**	**7750**	
Wiederholung Mittel		81	87	92	93	96	110	108	122	—	—	—	—	
D 23	0	94	120	178										
	106	77	93	95	242	456	1030							
	1240	(59)	88	90	90	99	[153]	2230	4360	5390				
	9700	78	100	93	103	119	110	111	113	[252]	5575			
Erste Belastung		**94**	**120**	**178**	**242**	**456**	**1030**	**2230**	**4360**	**5390**	**5575**			
Wiederholung Mittel		77	94	93	97	109	110	111	113	—	—			
E 21	0	88	95	127										
	36	89	81	91	180	326	695							
	771	79	91	89	89	99	[117]	1740	3770	5190				
	8591	83	87	93	91	101	99	105	119	[208]	6490			
Erste Belastung		**88**	**95**	**127**	**180**	**326**	**695**	**1740**	**3770**	**5190**	**6490**			
Wiederholung Mittel		84	86	91	90	100	99	105	119	—	—			
E 23	0	81	89	109										
	24	84	87	84	152	272	619							
	620	83	83	85	91	91	[106]	1340	4110	4680				
	7430	83	83	91	91	98	104	91	109	[190]	5120	6980		
Erste Belastung		**81**	**89**	**109**	**152**	**272**	**619**	**1340**	**4110**	**4680**	**5120**	**6980**		
Wiederholung Mittel		83	84	87	91	95	104	91	109	—	—	—		
E 22	—	80	88	111	149	223	480	1022	2560	4210	5890	7720		

Nachstreckungen $\varepsilon'' \cdot 10^6$ in der ersten und zweiten Minute bei der erstmaligen Spannung σ.

D 22	1te	0	3	6	7	20	39	69	173	457	424	466		
	2te	0	3	7	11	31	66	135	287	667	559	640		
D 23	1te	1	0	4	7	23	46	81	132	166	208			
	2te	1	1	7	10	36	71	171	187	288	412			
E 21	1te	0	0	0	4	26	54	118	174	193	286			
	2te	0	0	1	7	31	68	187	292	404	439			
E 23	1te	0	1	1	4	17	27	68	119	314	428			
	2te	0	1	3	6	21	48	107	237	445	567			

Mittelwerthe aus den vorstehenden Reihen.

Erste Belastung	= B	86	99	132	182	331	734	1675	3903	5018	5583			
Wiederholung	= W	81	88	91	93	100	111	104	116					
Unterschied	B − W	5	11	41	89	231	623	1571	3787					

2. In diesem Falle sinkt die P-Grenze ganz erheblich und kann bei stärkerer Ueberschreitung der S-Grenze fast bis auf Null fallen.
3. Ueberläßt man dann den Stab nach der Entlastung der Ruhe, so hebt sich mit der Zeit, erst schnell, dann langsamer die P-Grenze; sie kann im Laufe der Jahre bis über die ursprüngliche S-Grenze und unter Umständen selbst bis über die Höhe der vorausgehenden Anspannung anwachsen.
4. Durch die Anspannung über die ursprüngliche S-Grenze hinaus, wird auch diese gehoben und zwar schon unmittelbar nach der Anspannung. In der Ruhe nach geschehener Entlastung hebt sich die Streckgrenze im Laufe der Zeit bis über die Höhe der voraufgegangenen Anspannung hinaus. Diese Hebung ist schon nach einem Tage sehr gut bemerkbar, dauert aber Wochen, Monate und Jahre fort.
5. Durch die Anspannung über die ursprüngliche Streckgrenze hinaus wird in der Regel der Elasticitätsmodul $\frac{\sigma}{\varepsilon} = E$ zunächst erniedrigt[1]). In der Ruhe nach geschehener Entlastung hebt sich der Elasticitätsmodul, aber langsamer als die P-Grenze. Nach mehreren Jahren findet er sich beträchtlich über seine ursprüngliche Größe erhoben.

Es fragt sich, in welchem Maße man diese praktisch wichtigen Gesetze, (sie müssen beachtet werden, wenn man die Frage behandeln will, wie groß man die zulässige Spannung eines Materiales wählen darf) auf das Kupfer übertragen kann. Wenn die hier zu besprechenden Versuche auch nicht besonders mit Rücksicht auf die Bestätigung der vorgenannten Gesetze angeordnet und durchgeführt sind, so werden sie doch manchen Schluß in dieser Richtung zulassen. Für das weiche Kupfer wurde bereits Seite 67 nachgewiesen, daß es durch wiederholte Zugbeanspruchung steifer wird, und daß entgegen dem 5. Bauschingerschen Gesetz:

beim weichen Kupfer der Werth $\frac{\triangle\varepsilon}{\triangle\sigma} = \frac{1}{E}$ durch wiederholte unmittelbar hinter einander stattfindende Beanspruchungen auf Zug verkleinert wird.

Tab. 11 und Fig. 27 Taf. II lassen aber erkennen, daß dies auch für hartgehämmertes Kupfer gilt, wenn auch in weit geringerem Maße als beim weichen. Aus den Schaulinien ersieht man, daß zu Anfang die stark ausgezogenen Linien in die fein ausgezogenen Linien hineinfallen, und daß sie sich erst von etwa $\sigma = 15$ an von diesen zu trennen beginnen. Wie früher[2]) auch für das Magnesium und für die wiederholten Belastungen von Stahldrahtseilen[3]) von mir nachgewiesen worden ist, ist $\frac{\triangle\varepsilon}{\triangle\sigma}$ für die erste Stufe der jeweiligen erstmaligen Belastung (mit nur wenigen Ausnahmen innerhalb niedriger Spannungsgrenzen) kleiner als die letzte Stufe der voraufgehenden erstmaligen Belastung; in Fig. 28 ist dieser Vorgang schematisch angedeutet. Hieraus ergiebt sich:

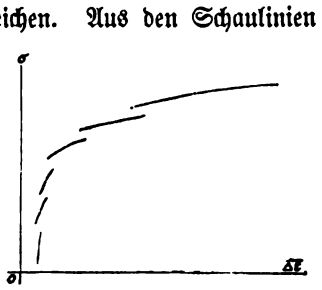


Fig. 28.

[1]) Dementsprechend muß $\frac{\triangle\varepsilon}{\triangle\sigma}$ wachsen, was, wie man sah, bei weichem Kupfer nicht der Fall war und, wie später gezeigt wird, auch für das gehämmerte Kupfer nicht zutrifft, obwohl in beiden Fällen keine wesentlichen Ruhepausen zwischen den Wiederbelastungen lagen. Aber Bauschinger führt selbst für Eisen einige Ausnahmen an.

[2]) „Mittheilungen" 1887, Ergänzungsheft II.

[3]) „Mittheilungen" 1888, Ergänzungsheft II.

Tabelle 11. **Versuchsreihe I. Ergebnisse der**

Stabzeichen	Bleibende Dehnung ε'	Spannungen σ 1,4	2,1	2,8	3,5	4,2	4,9	5,6	6,3	7,0	7,7	8,4	9,1
		Dehnungsunterschiede $\frac{\Delta\varepsilon}{\Delta\sigma} \cdot 10^{-6}$											
F 21	0	81	75	85									
	1	77	81	81	81	85	84	77					
	−1	81	81	81	81	85	81	89	74	94			
	0	81	83	81	81	83	79	85	87	85	81	(67)	91
	1	79	79	79	85	81	83	83	87	81	77	87	87
	−11	77	85	81	77	85	83	81	85	89	81	87	87
	8	[104]	83	77	79	89	83	81	83	91	87	83	(59)
	159	81	81	81	83	85	85	83	81	83	85	85	(47)
	376	77	83	83	85	85	81	91	89	81	81	79	73
Erste Belastung	—	**81**	**75**	**85**	**81**	**85**	**84**	**77**	**74**	**94**	**81**	**(67)**	**91**
Wiederholung Mittel	—	79	82	81	82	85	82	85	85	85	82	84	82
F 22	0	83	85	89									
	4	84	77	88	82	77	89						
	6	77	81	94	81	86	84	91	88	91			
	10	81	89	84	86	84	88	85	84	85	94	91	94
	21	85	88	85	86	84	86	84	85	91	85	88	88
	47	84	84	88	79	90	86	86	84	86	90	86	84
	86	82	85	91	82	86	84	91	84	85	91	88	88
	169	84	79	89	84	89	85	89	85	85	89	89	84
	383	81	81	86	89	88	89	85	84	91	88	86	89
	1560	82	86	86	85	85	85	89	82	84	86	85	85
Erste Belastung	—	**83**	**85**	**89**	**82**	**77**	**89**	**91**	**88**	**91**	**94**	**91**	**94**
Wiederholung Mittel	—	82	83	88	84	87	86	87	84	87	88	87	86
F 23	—	**80**	**83**	**80**	**80**	**83**	**82**	**82**	**84**	**(78)**	**86**	**84**	**90**

Nachstreckungen ε'' in der ersten und zweiten

F 21	1te	0	1	1	1	1	1	3	0	1	3	1	3
	2te	0	1	1	4	1	1	3	0	1	3	4	4
F 22	1te	0	0	0	1	1	0	0	3	1	1	1	3
	2te	0	0	0	1	1	0	0	4	1	1	3	3

Mittelwerthe aus den

Erste Belastung	= B	81	81	85	81	82	85	83	82	92	87	88	92
Wiederholung	= W	80	82	84	83	86	84	86	84	86	85	85	86
Unterschied	B − W =	1	−1	1	−2	−4	1	−3	−2	6	2	3	6

Die Wirkung der mehrmals wiederholten Anspannung macht sich beim Kupfer auch über die obere Grenze der angewendeten Spannung hinaus bemerkbar. Dies ist beim harten Kupfer deutlich, beim weichen Kupfer undeutlicher zu erkennen.

Aus den Reihen für erstmalige Belastung Tab. 11 und noch besser aus den in Fig. 27 Taf. II dargestellten Mittelwerthen für die Stäbe F. 21—23 (Tab. 11_B letzte Reihen) erkennt man, daß

Feinmessungen an Stabform b aus Blech F.

in kg/qmm

9,8	10,5	11,2	11,9	12,6	13,3	14,0	14,7	15,4	16,1	16,8	17,5	18,2	18,9	19,6	20,3	21,0

für die Spannungsstufe.

(53)	98	79														
(69)	85	83	92	103	89											
85	91	85	85	85	93	99	114	124								
85	83	85	87	85	(77)	85	89	97	91	158	187					
83	87	(67)	85	83	81	(65)	87	97	89	93	91	152	272	370	690	1710
(58)	**98**	**79**	**92**	**103**	**89**	**99**	**114**	**124**	**91**	**158**	**187**	**152**	**272**	**870**	**690**	**1710**
84	87	84	86	84	87	85	88	97	89	93	91	—	—	—	—	—
92	97	94														
94	85	94	90	105	110											
89	85	89	85	94	88	105	122	138								
89	85	85	95	88	88	91	89	95	121	175	216					
85	91	86	88	92	82	89	89	89	89	94	101	162	386	749		
98	85	82	92	81	88	96	85	92	85	100	95	94	103	[139]	3670	11600
92	**97**	**94**	**90**	**105**	**110**	**105**	**122**	**138**	**121**	**175**	**216**	**162**	**386**	**749**	**3670**	**11600**
91	86	87	90	89	86	92	88	92	87	97	98	94	103	—	—	—
(62)	**87**	**101**	**100**	**117**	**126**	**(92)**	**(99)**	**155**	**169**	**197**	**183**	**328**	**563**	**2410**	**6850**	—

Minute bei der erstmaligen Spannung σ.

1	3	4	4	3	4	6	11	11	10	16	29	36	72	124	400	—
3	6	7	4	7	4	9	14	17	21	24	34	49	97	173	670	—
0	1	1	3	1	4	4	7	10	7	10	13	23	49	114	527	7220
0	3	3	6	3	7	7	10	14	14	20	21	34	67	215	925	9930

vorstehenden Reihen.

92	94	91	94	108	108	102	118	139	127	177	195	212	407	1176	3737	6655
84	87	85	88	86	86	88	88	94	88	95	94	[94]	[103]	—	—	—
8	7	6	6	22	22	14	30	45	39	82	101	—	—	—	—	—

auch für hartes Kupfer bei der erstmaligen Beanspruchung keine Proportionalität zwischen den Spannungen und Dehnungen besteht, denn $\frac{\triangle \varepsilon}{\triangle \sigma}$ wächst erst langsam, dann schnell mit steigendem σ.

Die Dehnungsunterschiede für die Wiederholungen scheinen nach der Tabelle und den Schaulinien auf den ersten Blick konstant zu sein; indessen wenn man auch aus diesen Reihen die Mittelwerthe (W Tab. 11) bildet und die Schaulinie W Fig. 27 verzeichnet, so findet man, daß

beim harten Kupfer auch bei wiederholter Inanspruchnahme keine Proportionalität zwischen den Spannungen und den Dehnungen erzielt worden ist, wenn auch die Linie fast geradlinig und nahezu parallel mit der σ-Achse verläuft.

Von Interesse ist es den Unterschied zwischen $\frac{\triangle \varepsilon}{\triangle \sigma}$ für die erstmalige und die wiederholten Inanspruchnahmen festzustellen; dies ist durch den Linienzug (B — W) in Fig. 27 geschehen. Bis zu etwa $\sigma = 5$ kg/qmm ist fast kein Unterschied vorhanden, erst von hier an zweigt sich die Linie deutlich von der Nulllinie ab. Dies besagt:

Das harte Kupferblech wird durch die wiederholte Inanspruchnahme erst bei Spannungen über $\sigma = 5$ kg/qmm merklich steifer gemacht.

Man kann noch die Frage aufwerfen, welche Unterschiede bestehen etwa zwischen den Wirkungen der zweitmaligen, drittmaligen u. s. w. Inanspruchnahme. Schon aus den Zahlen der Tab. 11 erkennt man, daß diese Unterschiede nicht groß sein können. Um aber doch etwa vorhandene Gesetze zu finden, zeichnete ich die Schaulinien für die Wiederholungen getrennt nach der Anzahl der Wiederholungen auf (Fig. 27 2 — 10), indem ich an den Fuß der Linien die Ordnungszahl der Inanspruchname setzte und für jede Gruppe Ausgleichungslinien nach Augenmaß einfügte. Man kann aus diesen Linien wohl Folgendes ableiten:

Bei mehrmals wiederholter Beanspruchung nimmt für die einzelnen Wiederholungen die Neigung der Linien $\frac{\triangle \varepsilon}{\triangle \sigma}$ gegen die σ-Achse ab;

die Werthe für $\frac{\triangle \varepsilon}{\triangle \sigma}$ für geringe Belastungen werden für jede Wiederholung, wenn auch nur in geringem Maße, größer.

Diese allmähliche, wenn auch nur geringe Zunahme der $\frac{\triangle \varepsilon}{\triangle \sigma}$ mit der Zahl der Wiederholungen, läßt die Frage auftauchen, wie wird sich der Einfluß der Zeit auf Kupferstäbe äußern, die über ihre Streckgrenze beansprucht waren? Verhält sich auch hier das Kupfer entgegen dem Bauschingerschen Gesetz 4? Es wird also nicht ohne Interesse sein bei der Fortsetzung der Kupferuntersuchungen die Gelegenheit zur Lösung dieser Frage zu benutzen[1]).

Die Nachdehnungen ε'' in der ersten und zweiten Minute nach Einspielen der erstmaligen Belastung sind in Fig. 29 Taf. II dargestellt. Sie zeigen einen sehr regelmäßigen Verlauf; für die weichen Bleche D u. E fallen die Linien fast zusammen.

Die merkliche Nachdehnung beginnt bei den weichen Blechen bereits bei den angewendeten Anfangsspannungen, während sie beim gehämmerten Blech erst mit etwa $\sigma = 7 - 10$ kg/qmm eintritt.

Die bleibenden Dehnungen ε' sind nicht für die erstmaligen und für die wiederholten Inanspruchnahmen getrennt beobachtet; der größere Antheil wird ohne Zweifel auf die Wirkung der erstmaligen Belastung zu schreiben sein. Man kann aus den Ergebnissen von Tab. 10 u. 11 Folgendes ableiten:

Die bleibenden Dehnungen ε' treten beim weichen wie beim harten Kupferblech gleich bei den untersten Spannungsstufen hervor; sie sind aber beim weichen Kupfer naturgemäß erheblich größer als beim harten.

[1]) Solche Versuche sind inzwischen ausgeführt und im Absatz G dieses Berichtes besprochen.

Nachdem gefunden wurde, daß die untersuchten Kupferbleche keine Proportionalitätsgrenze besitzen und deswegen die Frage wegen des Zutreffens der vorhin besprochenen Bauschingerschen Gesetze in Bezug auf diese Grenze nicht gestellt werden kann, fragt es sich, ob man aus den bei den Kupferprüfungen gewonnenen Versuchsergebnissen in Bezug auf die Veränderung der Streckgrenze durch oft wiederholte Beanspruchungen Schlüsse ziehen kann; ich habe den Versuch in der folgenden Tab. 12 gemacht.

Tabelle 12. Zusammenstellung der Hauptwerthe der Versuchsreihe I.

Stabform b. Bleche D, E und F.

Stab-zeichen	Feinmessungen		Aus der Selbstzeichnung Meßlänge 140 mm					An der Theilung gemessen		Quer-schnitts-verminderung q %	$\sigma_S/\sigma_{B'}$	$\frac{\delta_{10}}{\frac{\sigma_S}{\sigma_{B'}}\cdot 100} = Z$	$\frac{\sigma_S}{\sigma_{S'}}\cdot 100$	Bemerkungen
	σ_S kg/qmm	$\varepsilon_S \cdot 10^{-6}$ mm	$\sigma_{S'}$ kg/qmm	$\sigma_{B'}$ kg/qmm	$\sigma_{Z'}$ kg/qmm	$\delta_{B'}$ %	$\delta_{Z'}$ %	δ_5 %	δ_{10} %					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
D 21[1]	(7,2)	—	—	22,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
D 22[2]	9,2	22210	(15,1)	23,1	19,1	(28,9)	(36,4)	52,3	46,3	50	0,397	1,17	61	[1]) Versuch wurde mit zu großen Laststufen ausgeführt; man konnte mit den Messungen nicht folgen.
D 23	7,9	14450	7,6	23,4	18,6	31,4	46,1	56,2	48,9	56	0,337	1,45	104	
E 21	7,9	13460	9,7	22,5	18,2	38,6	44,2	55,9	50,5	45	0,351	1,44	81	
E 22	8,5	15680	8,7	22,7	18,5	40,5	46,5	56,0	49,3	45	0,375	1,31	98	[2]) Der Selbstzeichner schrieb nicht zuverlässig.
E 23	8,6	16845	8,8	22,3	18,6	36,8	42,5	53,2	45,5	46	0,385	1,18	98	
F 21	21,0	4029[3]	[14,0]	23,8	20,7	30,7	32,2	41,9	35,2	51	0,881	0,40	150	[3]) Dürfte noch nicht zum richtigen Fließen gekommen sein.
F 22	21,1	14040	22,0	23,7	19,8	21,7	23,0	37,4	28,2	53	0,890	0,32	96	
F 23	21,1	3030	20,2	24,1	19,9	21,4	23,5	32,5	23,1	48	0,875	0,26	105	
Blech	Mittelwerthe													
D	8,6	18330	7,6	23,1	18,9	31,4	46,1	54,3	47,6	53,0	0,367	1,31	—	
E	8,3	15362	9,1	22,5	18,4	38,6	44,4	55,0	48,4	45,3	0,370	1,31	—	
F	21,1	—	21,1	23,9	20,1	24,6	26,2	37,2	28,8	50,7	0,882	0,33	—	
E : D	97	—	(120)	97	98	(123)	(98)	101	102	85	101	100	—	
F : D	245	—	278	104	106	78	58	69	61	96	241	252	—	

In der zweiten Spalte ist die Streckgrenze σ_S angegeben, wie sie gefunden wird, wenn man das Verschwinden der Maßstäbe bei den Feinmessungen zu Grunde legt und die nächst vorhergehende Spannungsstufe als S-Grenze einführt. In Spalte 4 ist die Streckgrenze eingeführt, wie der Selbstzeichner der Maschine sie niederschrieb. Zwischen der Feststellung beider Grenzen ist immer eine kurze Zeit (etwa 10 — 30 Minuten) verflossen. Beim Vergleich beider S-Grenzen (Spalte 14) findet man, daß in der Regel die später gefundene S'-Grenze höher liegt, als die ursprüngliche S-Grenze. Die Anspannung ging in der Regel ein klein wenig über die S-Grenze hinaus und demgemäß hat sich, entsprechend dem Bauschingerschen Gesetz 4,

die Streckgrenze über die ursprüngliche Lage hinaus erhoben[1]).

Bei Stab D 22 ist aus Spalte 3 ersichtlich, daß die Streckdehnung erheblich größer ist, als sie sonst beim weichen Kupfer gefunden wurde, der Stab war also mehr gestreckt als die anderen, und dementsprechend ist $\sigma_{S'}$ höher.

[1]) Ganz einwandfrei ist diese Ableitung allerdings nicht, weil die beiden Streckgrenzen auf verschiedene Weise gefunden worden sind, und aus diesem Grunde auch methodische Fehler die S'-Grenze höher liegend erscheinen lassen können; indessen wird die Schlußfolgerung, wie sonstige Erfahrungen andeuten, dennoch nicht viel von der Wahrheit abweichen.

Von den scheinbaren Ausnahmen fallen einige bei näherer Betrachtung der Umstände auch unter dieses Gesetz.

Aus Spalte 3 für F 21 und 23 geht hervor, daß die Streckdehnung klein, die Streckgrenze also beim ersten Strecken nicht erheblich überschritten war, und dementsprechend findet man auch $\sigma_{S'}$ nicht erhoben; bei F 21 erscheint sie sogar erheblich niedriger. Ueber den Einfluß der Zeit sind besondere Untersuchungen nicht angestellt[1]).

In Tab. 12 sind die Hauptwerthe aus Versuchsreihe I einander gegenübergestellt und die Bleche in dieser Beziehung mit einander verglichen. Aus den Hauptwerthen sind, ebenso wie früher bei den Drähten, die Werthe für $\frac{\sigma_S}{\sigma_B}$ und $\mathfrak{Z} = \frac{\delta_{10}}{100} \cdot \frac{\sigma_B}{\sigma_S}$ gebildet und in Vergleich gestellt.

Aus dem Vergleich geht hervor:

Die beiden weichen Bleche D (Anlieferungszustand) und E (ausgeglüht) unterscheiden sich nur sehr wenig. Beim gehämmerten Blech F ist namentlich die Streckgrenze erhöht und die Bruchdehnung erniedrigt. Die Unterschiede im Materialzustand treten ganz besonders charakteristisch durch die Werthe $\frac{\sigma_S}{\sigma_B}$ und $\mathfrak{Z}$ hervor.

Auch diese Veränderungen entsprechen dem Bauschingerschen Gesetz 4. Durch Hartziehen und Hämmern wird das ursprüngliche Material weit über seine ursprüngliche Streckgrenze hinaus gedehnt und demgemäß hebt sich die Streckgrenze sofort und vergrößert sich sehr wahrscheinlich im Laufe der seit dieser Behandlung verflossenen Zeit[2]).

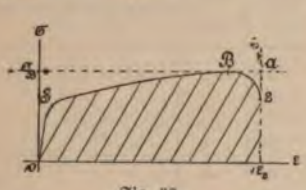


Fig. 30.

Aus dieser Erhebung der Streckgrenze σ_S und der hiergegen verschwindend kleinen Veränderung der Bruchgrenze σ_B geht, wie hier kurz angedeutet sei, hervor, daß der Völligkeitsgrad ξ des Schaubildes, d. i. das Verhältniß zwischen der von der Schaulinie umschlossenen Fläche (Fig. 30) $OSBZ\varepsilon_z O$ und dem diese Fläche umschließenden Rechteck $o\sigma_B a\varepsilon_z o$ sich beim Kupfer mit wachsender Bearbeitung vergrößert.

C. Ergebnisse der Versuchsreihe II.

Die Ergebnisse der Versuchsreihe II, welche über den Einfluß der beim Versuch angewendeten Geschwindigkeit Aufschluß geben sollen, sind in den Tab. 13 u. 14 und Fig. 31 Taf. III zusammengestellt.

Zur Erläuterung habe ich vorauszuschicken, daß vielfach ausgesprochene Erfahrungen und die Ueberlegung zu dem Ergebniß geführt haben, daß die Geschwindigkeit, mit welcher die Dehnung des Stabes vollzogen wird, von Einfluß auf die Ergebnisse des Versuches sein müsse. Zweifellos wird eine größere Kraft erforderlich sein, wenn man einen Stab aus irgend einem Material zum schnelleren Fließen bringen will, denn die Beschleunigung erfordert Zuschuß. Es fragt sich aber, ob der Einfluß der Geschwindigkeit eine solche Größe erlangen kann, daß er für die praktische Versuchsausführung von Bedeutung wird.

---

[1]) Man kann aber aus den im Absatz G mitgetheilten Versuchsergebnissen sich ein Bild hierüber machen.

[2]) Vergl. das im Absatz G hierüber Gesagte.

Sehr umfassende Versuche mit Zinkblech[1]) bewiesen mir, daß für gewisse Metalle der Einfluß der Geschwindigkeit einen sehr erheblichen Betrag erreichen kann, der unter keinen Umständen vernachlässigt werden darf. Für Zinkblech[2]) kann, wie ich bewiesen habe, die Bruchfestigkeit bei sehr schneller Versuchsausführung fast doppelt so hoch ausfallen, wie bei sehr langsamer. Kupfer ist ein ähnlich weiches Metall wie Zink und man durfte daher ein ähnliches Verhalten bezüglich des Einflusses der Geschwindigkeiten wohl erwarten. Um diesen Gegenstand der allgemeinen Beobachtung zuzuführen, habe ich mehrfach darauf hingewiesen und regte dessen Aufklärung auch in den Konferenzen zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsverfahren an. Hierdurch ist man der Sache von verschiedenen Seiten aus näher getreten, und ich möchte hier schon vor Besprechung der Versuchsergebnisse der Reihe II, das einstweilen feststehende, durch die letzte Konferenz in Wien ausgesprochene Schlußergebniß mittheilen.

Der Konferenzbeschluß lautet:[3])

> Der Einfluß der Zeit auf die Resultate der Festigkeitsversuche ist nach Fischer und Hartig unverkennbar, doch steht es nach weiteren, seitdem angestellten Versuchen fest, daß wir zur Zeit keinen genügenden Grund haben, die Nothwendigkeit der Innehaltung einer bestimmten Streckgeschwindigkeit für die Prüfung unserer hauptsächlichsten Konstruktionsmaterialien, nämlich: Eisen in allen Formen, Kupfer und Bronze, auszusprechen."

Aus den nach dem Augenmaß in die Schaubilder Fig. 31 Taf. III gelegten Ausgleichungslinien für die Versuchsreihe II geht hervor, daß

> die Fließgeschwindigkeit, auch wenn sie innerhalb der Grenzen 0,2 %/min. bis 22 %/min. schwankt, keinen erkennbaren Einfluß auf die Bruch- (Höchst-) spannung σ_B und die Zerreißspannung σ_Z hat;
>
> daß sie nur einen sehr geringen Einfluß auf die Bruchdehnung δ_{10} (gemessen in Prozenten auf $l =$ je 10 Theilungen vom Bruch) und auf die Querschnittsverminderung q hat und daß beide, δ_{10} u. q, mit wachsender Geschwindigkeit kleiner gefunden werden;
>
> daß die Fließgeschwindigkeit zwar einen gut erkennbaren aber praktisch gegenüber den sonstigen Einflüssen unbedeutenden Einfluß auf die Streckgrenze σ_S hat; σ_S nimmt mit wachsender Geschwindigkeit zu.

Aber gegen die Art der hier benutzten Versuchsausführung lassen sich die von mir auch bei früheren Gelegenheiten erhobenen Einwendungen machen, daß geringe gesetzmäßige Einflüsse wegen der Verschiedenartigkeit des Materialzustandes, die selbst Stäbe aus den gleichen Platten immer besitzen[4]), an einer kleinen Versuchsreihe überhaupt nicht so klar festgestellt werden können, daß man einen Maßwerth für die Größe des untersuchten Einflusses gewinnen kann. Hunderte von Versuchen, also Zeit und Geld, würden erforderlich sein, wollte man auf diese Weise endgültig zum Ziele kommen. Deswegen ist es nothwendig, wie ich früher schon wiederholt vorgeschlagen, alle fremden Einflüsse auszuschließen, indem man den Einfluß der Geschwindigkeit an einem und demselben Stabe, durch Wechseln der Geschwindigkeit während

---

[1]) „Mittheilungen" 1889, Ergänzungsheft IV.

[2]) Bauschinger bestätigte diese Erfahrung, vergl. dessen „Mittheilungen" Heft XX.

[3]) „Beschlüsse der Konferenzen u. s. w." Seite 8, Satz 7.

[4]) Vergl. die Auseinandersetzungen bei Versuchsreihe I.

Tabelle 13. Ergebnisse der Versuchsreihe II.

Stabform b. Meßlänge für den Selbstzeichner l = 140 mm.

Platten und Stabzeichen	Dehnungsgeschwindigkeit	Stabquerschnitt	Aus dem Schaubilde entnommen an der Streckgrenze	Traggrenze			Bruchgrenze			Nach dem Bruch Dehnbarkeit		Querschnittsverminderung	$\sigma_{S'}/\sigma_{B'}$	$B' = \frac{\delta_{10} \cdot 100}{\sigma_{S'}/\sigma_{B'}}$	$\delta_{10} - \delta_{Z'}$	Bemerkungen
			$\sigma_{S'}$	$\sigma_{B'}$	$\delta_{B'}$	$\delta_{B'}$	$\sigma_{Z'}$	$\delta_{Z'}$	$\delta_{Z'}$	δ_5	δ_{10}	q				
	°/₀/Min.	f = qmm	kg/qmm	kg/qmm	mm	°/₀	kg/qmm	mm	°/₀	°/₀	°/₀	°/₀			°/₀	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Blech A.																
D 24	0,2	140,0	5,9	22,1	51,1	36,5	17,0	58,1	41,5	51,3	43,0	56,8	0,267	1,61	+1,5	[1]) Bruch an der Druckstelle des Rollenhalters.
» 25	0,9	142,8	5,0	23,0	63,7	45,5	19,1	66,7	47,6	52,8	48,4	57,9	0,217	2,22	+0,8	
» 26	1,9	150,5	6,1	22,1	64,7	46,2	—	—	—	58,5	52,1	45,8	0,276	1,89	—[1])	daher σ_Z und
» 27	4,2	150,5	7,0	22,8	49,5	35,4	—	—	—	—	—	—	0,307	—	—[1])	δ_Z nicht bestimmbar.
» 28	7,9	151,1	6,8	22,1	60,6	43,3	18,7	63,6	45,4	54,2	47,2	57,7	0,307	1,54	+1,8	
» 29	7,9	151,9	5,4	23,0	63,1	45,1	19,3	67,8	48,4	58,1	50,2	54,8	0,235	2,14	+1,8	[2]) Bruch außerhalb der Meßlänge.
» 30	19,1	149,8	6,7	22,5	41,5	29,6	18,7	60,4	43,1	52,7	44,9	58,0	0,297	1,51	+1,8	
Blech B.																
E 48	0,2	149,0	5,0	21,5	57,0	40,7	18,3	61,3	43,8	54,5	46,2	58,7	0,233	1,98	+2,4	
» 49	0,9	151,9	5,2	23,0	60,4	43,1	19,1	67,1	47,9	57,3	48,7	59,6	0,226	2,16	+0,8	
» 50	1,9	149,1	5,6	22,5	61,5	43,9	18,2	64,8	46,3	53,6	47,6	57,3	0,238	2,00	+1,3	
» 51	6,0	153,4	5,5	22,5	63,4	45,9	18,9	67,1	47,9	54,9	48,9	60,0	0,245	1,99	+1,0	
» 52	7,8	154,1	5,8	21,6	54,8	39,1	18,0	63,6	45,4	55,1	47,6	56,8	0,269	1,77	+2,2	
» 53	13,7	149,7	6,2	23,4	62,2	44,4	19,9	63,8	45,6	53,9	47,2	55,2	0,270	1,75	+1,6	
» 54	21,0	151,2	4,9	22,1	50,6	36,1	18,9	61,3	43,8	53,1	45,1	57,5	0,221	2,04	+1,3	
Blech C.																
F 48	0,2	151,2	19,1	23,4	31,3	26,1[1])	19,7	38,3	31,9[1])	25,8	23,9[1])	55,6	0,817	(0,29)	(—8,0)	
» 49	1,1	149,8	18,6	23,7	38,3	27,4	19,4	47,1	33,6	37,9	36,4	52,6	0,787	0,46	+2,8	
» 50	2,3	149,1	18,8	24,0	36,9	26,4	20,7	39,2	28,0	34,4	29,7	57,7	0,785	0,38	+1,7	
» 51	4,6	149,1	20,0	24,2	35,7	25,5	20,0	39,1	27,9	35,9	29,0	54,7	0,828	0,35	+1,1	
» 52	6,5	149,8	19,0	23,4	39,1	27,9	19,7	43,3	30,9	38,4	32,6	54,0	0,813	0,40	+1,7	
» 53	9,9	149,1	20,0	24,2	35,5	25,4	20,5	41,6	29,7	39,9	32,1	56,7	0,828	0,39	+1,4	
» 54	22,0	149,1	20,0	23,8	40,2	28,7	20,0	43,6	31,1	40,7	33,1	52,7	0,840	0,39	+2,0	

des Versuches und Beobachtung des hierdurch erzielten Erfolges studirt. Ich machte auch früher schon darauf aufmerksam, daß hierfür nicht alle Prüfungsmaschinen geeignet sind; manche Maschinen erfordern den Aufwand mehrerer Beobachter und außerordentliche Geschicklichkeit[1]), wenn man den Versuch einwandfrei durchführen will. Die Pohlmeyer-Maschine, in dem Zustande wie sie sich in der Versuchsanstalt befindet, eignet sich für diese Versuche allenfalls, und ich habe daher einige Versuche über den Einfluß der Geschwindigkeit mit verschiedenen Matrialien anstellen lassen, von denen ich hier die Ergebnisse der Versuche mit Kupfer kurz mittheilen will.

Versuch 1. Ein Flachstab aus Kupfer mit den Querschnittsabmessungen 40 × 12 mm, f = 480 qmm und l = 200 mm, also $l = 9{,}1\sqrt{f}$ wurde mit gefrästen Nuthen versehen und mit in diese Nuthen genau passenden Keilbeilagen in die Einspannmäuler der 100 t-Pohlmeyermaschine eingelegt. Die Belastung wird bei dieser Maschine bekanntlich durch den auf ein Zeigerwerk übertragenen Ausschlag einer Pendelwaage gemessen. Die Theilung des Zeigerwerkes giebt 20 kg. Die Schätzung geht bis auf 2 kg. Die Waage giebt im Leerzustande einen größten Reibungswiderstand für sehr langsame Bewegung ohne Erschütterung von etwa 2 kg. Der Selbstzeichner wurde von einer zwischen den Endmarken des Stabes

[1]) Bauschingers „Mittheilungen", Heft XX.

gespannten Schnur aus angetrieben, er arbeitete mit einem Uebersetzungsverhältnisse $^1/_1$ für die Verlängerung λ. Die Kraftordinate P für die Aufzeichnung war 1 mm = 0,73 t. Da die Ausmessung des Schaubildes bei aller Sorgfalt wohl nur auf $\pm$ 0,1 mm genau geschehen kann, so wird die Kraft bis auf etwa $\pm$ 63 kg genau bestimmt worden sein, oder die Spannung bis auf $\triangle\sigma = \pm$ 0,13 kg/qmm. Indessen kommen, da es sich, wie man sehen wird, nur um einen Vergleich handelt, eigentlich nur die Fehler der Ausmessungen im Schaubild in Betracht. Der Versuch wurde mit wechselnder Geschwindigkeit durchgeführt. Zur Erzielung einer gleichmäßigen langsamen Geschwindigkeit v blieb das Feineinstellungsventil immer in seiner Stellung, und die größeren Geschwindigkeiten v_1 wurden erzeugt, indem das zweite Ventil (für schnellen Gang) ganz plötzlich geöffnet wurde; beim Wiederübergang in die Geschwindigkeit v wurde es ebenso plötzlich geschlossen. Die Schaulinie ergab nun für jeden Uebergang von einer zur anderen Geschwindigkeit eine Hebung oder Senkung, deren Betrag den Einfluß der Geschwindigkeit (getrübt durch die Trägheit der bewegten Massen der Maschine) wiedergab. Durch Ausmessung der Kraftordinaten in den Uebergängen und Vergleich der jeweilig zusammengehörigen Ordinaten ob u. oa; o'b' und o'a' (Fig. 32) wurde das Maß für den Einfluß der Geschwindigkeiten gefunden. Für die einzelnen Punkte a, a' u. s. w. waren Zeitbeobachtungen gemacht.

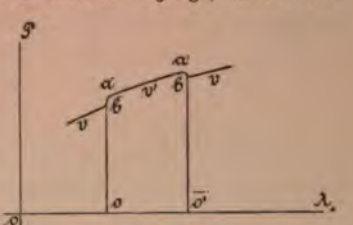


Fig. 32.

Tabelle 14. **Ergebnisse der Versuche 1 und 2 über den Einfluß der Geschwindigkeit.**

Versuchsabschnitt	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1. Zeitablesungen . .			2'00"	2'10"	4'00"	4'09"	6'15"	6'30"	8'30"	8'39"	11'00"	11'15"	12'45"	Bruch
Zeitdauer zwischen den Abschnitten . .		2,0	0,17	1,84	0,15	2,10	0,25	2,0	0,15	2,35	0,25	1,50		Min.
Verlängerungen .	1,3	6,9	8,4	6,2	8,7	7,8	14,1	6,8	10,6	5,2	9,6	3,3		mm
Verlängerung für die Minute		4,1	**49,4**	3,4	**58,0**	3,7	**56,3**	3,4	**70,7**	2,2	**38,4**	2,2		mm/Min.
Ueberschuß der Ordinaten für V gegen den Verlauf für V in % von V . . .			+ 5,2	+ 3,5	+ 3,1	+ 2,2	+ 3,4	+ 1,3	+ 2,5	+ 1,6	+ 1,0	+ 2,5		%
2. Zeitablesungen . .	20'00"	22'20"	27'00"	27'12"	32'00"	32'13"	37'00"	37'10"	41'00"	41'9"	46'00"	46'10"	49'00"	Bruch
Zeitdauer zwischen den Abschnitten . .	—	4,67	0,20	4,80	0,22	4,79	0,17	3,83	0,15	4,85	0,17	2,83		Min.
Verlängerungen .	1,2	4,5	12,1	5,9	14,5	6,5	9,7	7,1	12,0	4,0	14,0	1,4		mm
Verlängerungen für die Minute	—	0,97	**60,7**	1,23	**66,0**	1,36	**57,0**	1,85	**80,0**	0,83	**87,8**	0,49		mm/Min.
Kraftablesungen { Maximumzeiger			4870	8080	8550	10220	10380	11030	10950	11450	11200	11600	11080	kg
Kraftablesungen { Hauptzeiger			4870	7800	8550	10000	10380	10800	10950	11150	11200	11400	11080	kg
Unterschied in kg . . .			—	280	—	220	—	230	—	300	—	200	—	kg
" in % von V			—	+ 3,6	—	+ 2,2	—	+ 2,1	—	+ 2,7	—	+ 1,8	—	%
" aus Schaulinie			8,9	3,9	4,9	3,0	2,1	2,1	3,4	2,0	1,3	2,0	—	%

Tabelle 13. Ergebnisse der Versuchsreihe II.

Stabform b. Meßlänge für den Selbstzeichner $l = 140$ mm.

Platten und Stabzeichen	Dehnungsgeschwindigkeit	Stabquerschnitt	Aus dem Schaubilde entnommen an der Streckgrenze	Traggrenze			Bruchgrenze			Nach dem Bruch Dehnbarkeit		Querschnittsverminderung	$\sigma_{S'}/\sigma_{B'}$	$Z' = \frac{\delta_{10}}{\sigma_{S'}/\sigma_{B'}} \cdot 100$	$\delta_{10} - \delta_{Z'}$	Bemerkungen
			$\sigma_{S'}$	$\sigma_{B'}$	$\delta_{B'}$	$\delta_{B'}$	$\sigma_{Z'}$	$\delta_{Z'}$	$\delta_{Z'}$	δ_5	δ_{10}					
	%/Min.	f = qmm	kg/qmm	kg/qmm	mm	%	kg/qmm	mm	%	%	%	q %			%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Blech A.																
D 24	0,2	140,0	5,9	22,1	51,1	36,5	17,0	58,1	41,5	51,3	43,0	56,8	0,267	1,61	+1,5	[1] Bruch an Druckstelle d. Rollenhalter daher σ_Z u. δ_Z nicht bestimmbar. [2] Bruch außerhalb der Meßlänge.
» 25	0,9	142,8	5,0	23,0	63,7	45,5	19,1	66,7	47,6	52,8	48,4	57,9	0,217	2,22	+0,8	
» 26	1,9	150,5	6,1	22,1	64,7	46,2	—	—	—	58,5	52,1	45,8	0,276	1,89	—[1]	
» 27	4,2	150,5	7,0	22,8	49,5	35,4	—	—	—	—	—	—	0,307	—	—[2]	
» 28	7,9	151,1	6,8	22,1	60,6	43,3	18,7	63,6	45,4	54,2	47,2	57,7	0,307	1,54	+1,8	
» 29	7,9	151,9	5,4	23,0	63,1	45,1	19,3	67,8	48,4	58,1	50,2	54,8	0,235	2,14	+1,8	
» 30	19,1	149,8	6,7	22,5	41,5	29,6	18,7	60,4	43,1	52,7	44,9	58,0	0,297	1,51	+1,8	
Blech B.																
E 48	0,2	149,0	5,0	21,5	57,0	40,7	18,3	61,3	43,8	54,5	46,2	58,7	0,233	1,98	+2,4	
» 49	0,9	151,9	5,2	23,0	60,4	43,1	19,1	67,1	47,9	57,3	48,7	59,6	0,226	2,16	+0,8	
» 50	1,9	149,1	5,6	22,5	61,5	43,9	18,2	64,8	46,3	53,6	47,6	57,3	0,238	2,00	+1,3	
» 51	6,0	153,4	5,5	22,5	63,4	45,9	18,9	67,1	47,9	54,9	48,9	60,0	0,245	1,99	+1,0	
» 52	7,8	154,1	5,8	21,6	54,8	39,1	18,0	63,6	45,4	55,1	47,6	56,8	0,269	1,77	+2,2	
» 53	13,7	149,7	6,2	23,4	62,2	44,4	19,9	63,8	45,6	53,9	47,2	55,2	0,270	1,75	+1,6	
» 54	21,0	151,2	4,9	22,1	50,6	36,1	18,9	61,3	43,8	53,1	45,1	57,5	0,221	2,04	+1,3	
Blech C.																
F 48	0,2	151,2	19,1	23,4	31,3	26,1[1]	19,7	38,3	31,9[1]	25,8	23,9[1]	55,6	0,817	(0,29)	(—8,0)	
» 49	1,1	149,8	18,6	23,7	38,3	27,4	19,4	47,1	33,6	37,9	36,4	52,6	0,787	0,46	+2,8	
» 50	2,3	149,1	18,8	24,0	36,9	26,4	20,7	39,2	28,0	34,4	29,7	57,7	0,785	0,38	+1,7	
» 51	4,6	149,1	20,0	24,2	35,7	25,5	20,0	39,1	27,9	35,9	29,0	54,7	0,828	0,35	+1,1	
» 52	6,5	149,8	19,0	23,4	39,1	27,9	19,7	43,3	30,9	38,4	32,6	54,0	0,813	0,40	+1,7	
» 53	9,9	149,1	20,0	24,2	35,5	25,4	20,5	41,6	29,7	39,9	32,1	56,7	0,828	0,39	+1,4	
» 54	22,0	149,1	20,0	23,8	40,2	28,7	20,0	43,6	31,1	40,7	33,1	52,7	0,840	0,39	+2,0	

des Versuches und Beobachtung des hierdurch erzielten Erfolges studirt. Ich machte auch früher schon darauf aufmerksam, daß hierfür nicht alle Prüfungsmaschinen geeignet sind; manche Maschinen erfordern den Aufwand mehrerer Beobachter und außerordentliche Geschicklichkeit[1]), wenn man den Versuch einwandfrei durchführen will. Die Pohlmeyer-Maschine, in dem Zustande wie sie sich in der Versuchsanstalt befindet, eignet sich für diese Versuche allenfalls, und ich habe daher einige Versuche über den Einfluß der Geschwindigkeit mit verschiedenen Matrialien anstellen lassen, von denen ich hier die Ergebnisse der Versuche mit Kupfer kurz mittheilen will.

Versuch 1. Ein Flachstab aus Kupfer mit den Querschnittsabmessungen 40×12 mm, $f = 480$ qmm und $l = 200$ mm, also $l = 9{,}1\sqrt{f}$ wurde mit gefrästen Nuthen versehen und mit in diese Nuthen genau passenden Keilbeilagen in die Einspannmäuler der 100 t-Pohlmeyermaschine eingelegt. Die Belastung wird bei dieser Maschine bekanntlich durch den auf ein Zeigerwerk übertragenen Ausschlag einer Pendelwaage gemessen. Die Theilung des Zeigerwerkes giebt 20 kg. Die Schätzung geht bis auf 2 kg. Die Waage giebt im Leerzustande einen größten Reibungswiderstand für sehr langsame Bewegung ohne Erschütterung von etwa 2 kg. Der Selbstzeichner wurde von einer zwischen den Endmarken des Stabes

[1]) Bauschingers „Mittheilungen", Heft XX.

gespannten Schnur aus angetrieben, er arbeitete mit einem Uebersetzungsverhältnisse $^1/_1$ für die Verlängerung λ. Die Kraftordinate P für die Aufzeichnung war 1 mm = 0,73 t. Da die Ausmessung des Schaubildes bei aller Sorgfalt wohl nur auf $\pm$ 0,1 mm genau geschehen kann, so wird die Kraft bis auf etwa $\pm$ 63 kg genau bestimmt worden sein, oder die Spannung bis auf $\triangle\sigma = \pm$ 0,13 kg/qmm. Indessen kommen, da es sich, wie man sehen wird, nur um einen Vergleich handelt, eigentlich nur die Fehler der Ausmessungen im Schaubild in Betracht. Der Versuch wurde mit wechselnder Geschwindigkeit durchgeführt. Zur Erzielung einer gleichmäßigen langsamen Geschwindigkeit v blieb das Feineinstellungsventil immer in seiner Stellung, und die größeren Geschwindigkeiten v_1 wurden erzeugt, indem das zweite Ventil (für schnellen Gang) ganz plötzlich geöffnet wurde; beim Wiederübergang in die Geschwindigkeit v wurde es ebenso plötzlich geschlossen. Die Schaulinie ergab nun für jeden Uebergang von einer zur anderen Geschwindigkeit eine Hebung oder Senkung, deren Betrag den Einfluß der Geschwindigkeit (getrübt durch die Trägheit der bewegten Massen der Maschine) wiedergab. Durch Ausmessung der Kraftordinaten in den Uebergängen und Vergleich der jeweilig zusammengehörigen Ordinaten ob u. oa; o'b' und o'a' (Fig. 32) wurde das Maß für den Einfluß der Geschwindigkeiten gefunden. Für die einzelnen Punkte a, a' u. s. w. waren Zeitbeobachtungen gemacht.

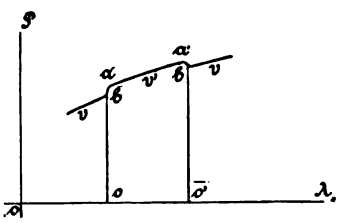


Fig. 32.

Tabelle 14. **Ergebnisse der Versuche 1 und 2 über den Einfluß der Geschwindigkeit.**

Versuchsabschnitt	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Zeitablesungen . .			2'00"	2'10"	4'00"	4'09"	6'15"	6'30"	8'30"	8'39"	11'00"	11'15"	12'45"	Bruch
Zeitdauer zwischen den Abschnitten . .		2,0	0,17	1,84	0,15	2,10	0,25	2,0	0,15	2,35	0,25	1,50		Min.
Verlängerungen .		1,3 6,9	8,4	6,2	8,7	7,8	14,1	6,8	10,6	5,2	9,6	3,3		mm
Verlängerung für die Minute		4,1	49,4	3,4	58,0	3,7	56,3	3,4	70,7	2,2	38,4	2,2		mm Min.
Ueberschuß der Ordinaten für V gegen den Verlauf für V in % von V . . .			+ 5,2	+ 3,5	+ 3,1	+ 2,2	+ 3,4	+ 1,3	+ 2,5	+ 1,6	+ 1,0	+ 2,5		%
Zeitablesungen . .	20'00"	22'20"	27'00"	27'12"	32'00"	32'13"	37'00"	37'10"	41'00"	41'9"	46'00"	46'10"	49'00"	Bruch
Zeitdauer zwischen den Abschnitten . .	—	4,67	0,20	4,80	0,22	4,79	0,17	3,83	0,15	4,85	0,17	2,83		Min.
Verlängerungen .	1,2	4,5	12,1	5,9	14,5	6,5	9,7	7,1	12,0	4,0	14,0	1,4		mm
Verlängerungen für die Minute	—	0,97	60,7	1,23	66,0	1,36	57,0	1,85	80,0	0,83	87,8	0,49		mm Min.
Maximumzeiger			4870	8080	8550	10220	10380	11030	10950	11450	11200	11600	11080	kg
Hauptzeiger			4870	7800	8550	10000	10380	10800	10950	11150	11200	11400	11080	kg
Unterschied in kg . . .			—	280	—	220	—	230	—	300	—	200	—	kg
" in % von V			—	+ 3,6	—	+ 2,2	—	+ 2,1	—	+ 2,7	—	+ 1,8	—	%
" aus Schaulinie			8,9	3,9	4,9	3,0	2,1	2,1	3,4	2,0	1,3	2,0	—	%

Wie aus Tab. 14 hervorgeht, betrugen die Unterschiede in der Geschwindigkeit bis zu 87 mm/min., d. i., da $l = 200$ mm, bis zu 43,5 %/min. Die durch v' erzeugten Vergrößerungen der Kraftordinaten, wie sie in den letzten Reihen für jede Gruppe enthalten sind, sind Anfangs, wo sie einer Erhöhung der Streckgrenze entsprechen würden, größer und nehmen gegen das Ende des Versuches hin, wo sie der Erhöhung der Bruchgrenze entsprechen, ständig ab, weil die Ordinatenhöhe für v wächst, aber der Kraftzuschuß für die Beschleunigung, wie man aus der drittletzten Reihe der unteren Gruppe erkennt, nahezu konstant bleibt. Da man einen gewissen Betrag von diesem sich ergebenden Kraftzuwachs auf die Beschleunigung der bewegten Massen der Maschine abrechnen muß, so kann man auch auf Grund der Versuche 1 u. 2 den Satz aussprechen, daß

> bei weichem Kupfer eine Veränderung der Streckgeschwindigkeit von $v = 0{,}5$ bis zu $v' = 40$ %/min. jedenfalls keinen Einfluß ausübt, der 2 % der Bruchspannung wesentlich übersteigt.

Für die Praxis ist diese Erfahrung von sehr großem Werthe, denn hierdurch wird die Leistungsfähigkeit der Prüfungsmaschinen wesentlich erhöht, indem die Möglichkeit gewährt ist, die Prüfungszeit ganz wesentlich zu kürzen. Für die Wissenschaft bleibt aber nach wie vor die Nothwendigkeit bestehen, die Frage wegen des Einflusses der Geschwindigkeit noch weiter zu studiren.

D. Ueber den Einfluß der Stabform auf die Ergebnisse des Zerreißversuches.

Der Einfluß, den die Stabform auf die Versuchsergebnisse ausübt, ist in der Praxis, wie der umfangreiche Schriftwechsel der Versuchsanstalt über diesen Gegenstand und gelegentliche Aeußerungen im persönlichen Verkehr mit Antragstellern beweisen, noch immer nicht allgemein bekannt und keineswegs genügend beachtet, obwohl schon seit vielen Jahren unausgesetzt Versuchsergebnisse über diesen Gegenstand im In- und Auslande veröffentlicht worden sind. Da auch für die hier zu besprechenden Untersuchungen mit Kupfer Versuche gleicher Art, die Versuchsreihe V, ausgeführt worden sind, so möchte ich der besonderen Betrachtung der Ergebnisse dieser Reihe eine gedrängte Uebersicht über die bisher gewonnenen Erfahrungen über den Einfluß der Probenform vorausschicken.

Wenn nicht zu ganz ungewöhnlichen Stabformen, besonders zu Stäben mit verhältnißmäßig kurzen Meßlängen gegriffen wird, so kann man nach den bisherigen Erfahrungen sagen, daß

> die Spannungen also σ_P, σ_S, σ_B und σ_Z durch die Querschnittsformen und Größen nur praktisch unmerklich beeinflußt sind; die Einschränkung werde ich weiter unten eingehender besprechen.

Die Formänderungsmessungen sind aber ganz erheblich durch die Art der Messung und durch die Abmessungen der Probestäbe beeinflußt, wie man in Bezug auf die Bruchdehnung aus den folgenden Betrachtungen ohne weiteres erkennen kann.

a) Einfluß der Art der Messung auf den Werth der Dehnbarkeit.

Im Laufe der Jahre hat man sich in fast allen Industriestaaten dahin geeinigt, die Bruchdehnung des Materiales an einer ursprünglichen Meßlänge $l = 200$ mm oder 8" engl. zu messen. In der Praxis geschieht dies meistens durch Aneinanderfügen der beiden Bruchstücke und Ausmessen zwischen zwei Körnerpunkten, die ursprünglich um 200 mm von einander entfernt waren. Da es namentlich bei Flachstäben, die nach dem Bruch in der Mitte fast immer auseinander klaffen, unmöglich ist, die Bruchstücke genau zusammen zu fügen, so giebt

diese Methode stets etwas zu große Dehnungswerthe. Man pflegt daher auch wohl auf einem vor dem Versuch von Körner zu Körner gezogenen Riß die Länge von Körner bis zum Bruchrand an beiden Enden zu messen und hieraus δ zu berechnen. Hierdurch wäre allerdings der vorgenannte Fehler vermieden,

> aber die von der Praxis immer noch gebrauchte Meßmethode führt auch noch zu anderen Fehlern, die, namentlich beim Kupfer, wesentlich größer sind und stets einseitig zu Ungunsten des Lieferanten ausfallen müssen, weil sie die Dehnbarkeit immer zu klein erscheinen lassen.

Um diese Fehler zu vermeiden, haben die öffentlichen Materialprüfungsstellen ihre Probestäbe seit Jahren schon mit einer Theilung (z. B. Centimetertheilung) versehen und stellen die Bruchdehnung mit deren Hülfe fest.

Um von dem Wesen dieser Fehler eine Vorstellung zu geben, sei in Fig. 33 die Dehnungsschaulinie eines prismatischen Stabes von sehr großer Länge verzeichnet, indem die Dehnung jedes Stabtheiles als Ordinate in Prozenten der ursprünglichen Länge aufgetragen wird. Die mittlere Ordinate der schraffirten Fläche über a a' giebt das Maß für die Dehnbarkeit des Stabes für die Strecke a a', d. h. für Punkte, die ursprünglich um je zehn Theilungen von der Bruchstelle entfernt gewesen sein mögen. Würde man dagegen von einem Punkte b' aus, der in der Nähe des Bruches liegt, bis zum Punkte b messen, so daß also l in beiden Fällen gleich 20 Theilungen war, so würde das Maß für die neue Dehnungsmessung durch die mittlere Ordinate der Fläche über b b' gegeben sein. Und diese muß kleiner sein als diejenige der Fläche über a a', denn es ist offenbar die Fläche über a' b' größer als die Fläche über a b. Die Dehnbarkeit wird, wie man sieht, ein Maximum, wenn der Bruch in die Mitte der Länge l fällt, und ein Minimum, wenn er mit einem Endpunkt zusammenfällt.

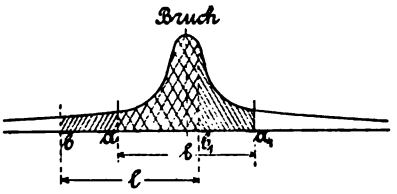


Fig. 33.

Es ist natürlich von großem praktischen Werthe zu wissen, wie groß der Unterschied zwischen Maximum und Minimum bei den verschiedenen Materialien etwa werden kann.

Für Flußeisen, wie es zu Konstruktionszwecken benutzt wird, habe ich durch Ausmessung an einer Reihe von Stäben verschiedener Form die Größe dieses Unterschiedes ermitteln lassen und die Ergebnisse in folgender Tab. 15 zusammengestellt.

Tabelle 15. **Einfluß der Lage der Bruchstelle gegen die Endmarken auf das Ergebniß der Dehnungsmessung.**

Stabform	l = 20 t; Bruch				l = 10 t; Bruch		
	am Ende	in $^1/_4$ l	in $^1/_3$ l	in $^1/_2$ l	am Ende	in $^1/_3$ l	in $^1/_2$ l
a) Rundstäbe	93,0	97,0	98,3	100	88,8	97,1	100
b) Flachstäbe	94,4	97,7	98,0	"	91,9	96,7	"
c) Rundstäbe	91,0	95,2	96,5	"	86,2	98,8	"
d) Flachstäbe	—	95,9	97,0	"	81,0	98,5	"
e) Flachstäbe	—	95,0	96,3	"	80,2	98,7	"
Mittel	92,8	96,2	97,2	100	85,6	97,6	100

Als Meßlängen sind hierbei einmal 20 und das andere Mal 10 Theilungen ($l = 20\,t$ und $l = 10\,t$) benutzt und die Ergebnisse für die Fälle Bruch am Ende, in $^1/_4$, in $^1/_3$ und $^1/_2$ (Mitte) der Meßlänge eingetragen. Die Bruchdehnungen für Bruch in der Mitte sind gleich 100 gesetzt, um die Ergebnisse klarer übersehen zu können.

Unter Umständen können die Fehler recht wohl noch größer werden als in Tab. 15 angegeben, denn hier sind nur die Mittelwerthe von beliebig herausgegriffenen Reihen mitgetheilt. Was in Tab. 15 am Eisen erwiesen ist, gilt selbstverständlich auch vom Kupfer und anderen ähnlichen Metallen, denn die bedingenden Verhältnisse sind die gleichen.

Auch auf den Konferenzen zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden für die Untersuchung von Bau- und Konstruktionsmaterialien (vergl. „Beschlüsse der Konferenzen zu München, Dresden, Berlin und Wien über einheitliche Untersuchungs-Methoden bei der Prüfung von Bau- und Konstruktionsmaterialien auf ihre mechanischen Eigenschaften, zusammengestellt vom Professor Bauschinger;" München 1893. Theodor Ackermann. 8°) hat man sich wiederholt mit der Art der Dehnungsmessungen beschäftigt und hat zunächst das in den öffentlichen Prüfungsanstalten gebräuchliche Verfahren, die Anbringung einer Theilung und Ausmessung der Bruchdehnung an dieser Theilung empfohlen. (Vergl. „Beschlüsse" S. 22). Dieses Verfahren ist auch bei den hier zu besprechenden Untersuchungen inne gehalten worden.

Praktisch am einfachsten bringt man die Theilung mit Hülfe eines sägenförmig geschnittenen Anlegestabes, vergl. Fig. 34, auf dem Stabe an. Die Zähne sind genau nach der jeweils aufzutragenden Theilung bearbeitet. Auf den Probestab wird zunächst ein Längsriß gerissen und dann wird mit einer messerförmig zugeschärften Reißnadel die Theilung mit Hülfe des Anlegestabes an den geraden Zahnflanken aufgetragen. Die hiermit erreichbare Genauigkeit der Theilung ist für die Dehnungsmessung praktisch ausreichend, wie die in Tab. 16 niedergelegten Kontrolmessungen ergeben. Mit Hülfe der Theilmaschine waren die Zähne eines Anlegestabes für die Theilungsgröße 7 mm angerissen. Der hiernach bearbeitete Stab und eine mit ihm erzeugte Theilung wurden durch mikrometrische Ausmessung mit dem Normalstabe der Versuchsanstalt verglichen. Tab. 16 giebt die Abweichungen der einzelnen Zahnkanten und Theilstriche gegen die beabsichtigte Theilung an.

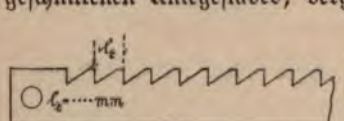


Fig. 34.

Wie man aus den Fehlerreihen A und B sieht, sind die Abweichungen gegen den Normalmaßstab fast alle positiv und nahezu gleich groß. Ein fortschreitender Fehler (die

Tabelle 16. **Vergleich des Aufreißstabes und der erzeugten**

Mit A ist der Anlegestab, mit

Theilstrich	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Solltheilung	0	7	14	21	28	35	42	49	56	63
Ablesung für A	0	6,97	13,99	21,01	28,01	35,10	42,06	49,08	56,11	63,16
" " B	0	7,03	14,04	21,09	28,06	35,09	42,09	49,09	56,14	63,14
Abweichungen für A	0	−3	−1	+1	+1	+10	+6	+8	+11	+16
Abweichungen " B	0	+3	+4	+9	+6	+9	+9	+9	+14	+14
										Mittel der Fehler
Daher Fehlerrest für B	−10	−7	−6	−1	−4	−1	−1	−1	+4	+4

Theilung war von einer Schraube kopirt) war also nicht vorhanden. Da auch die Ablesung für den Nullstrich als mit Beobachtungsfehlern behaftet angesehen werden muß, d. h. der Ablesung und dem Unterschiede Null kein größeres Gewicht beizulegen ist als allen anderen Zahlen, so erhält man die eigentlichen Fehler der Theilung B, indem man den mittleren Unterschied + 10 von allen Einzelwerthen abzieht, also gewissermaßen die hergestellte Theilung gegen den Normalmaßstab so verschiebt, daß alle Theilstriche sich mit der Solltheilung so vollkommen wie möglich decken. Die dann noch bestehen bleibenden Fehler der Theilung sind in der untersten Reihe der Tab. 16 gegeben; sie erscheinen nunmehr positiv und negativ und haben Maximalwerthe die 0,1 mm nicht überschreiten. Der Fehler bleibt fast immer erheblich unter diesem Werth.

Die Ausmessungen am Probestab erfolgen aber in der Regel entweder mit dem Anlegemaßstab oder mit dem Zirkel und sind den Verhältnissen entsprechend selten genauer als bis auf 0,2 mm zu machen. Die in Vorschlag gebrachte und auch vielfach im Gebrauch befindliche Methode des Anreißens am Anlegestab ist also mit praktisch ausreichender Genauigkeit ausführbar, wenn die Anlegestäbe genau genug gearbeitet sind.

Die obengenannten Konferenzen haben sich aber auch noch anderweitig mit der Frage der Dehnungsmessung beschäftigt. Es ist bekannt und eine oft beobachtete Thatsache, daß der Stab von der Mitte beginnend reißt, Fig. 35, dies ist namentlich bei Flachstäben deutlich zu beobachten. Die Folge davon ist, daß in der Nähe des Bruches die Dehnung auf den schmalen Seiten eines solchen Flachstabes größer erscheint als auf der Mitte der Breitseiten. Diesem Umstande entsprechend wurde auf den Vorschlag v. Tetmajers auf der Berliner Konferenz beschlossen, die Dehnbarkeit durch Ausmessung an gleichen Theilungen auf den beiden Schmalseiten (wie es früher in der Versuchsanstalt üblich war) und an einer Breitseite zu ermitteln. Ich ließ selbstverständlich diese Methode sofort nach dem Beschluß in der Versuchsanstalt ausführen. Wenn auch die hiermit verbundene Mehrarbeit in sehr vielen Fällen praktisch kaum lohnend ist, so giebt doch die vermehrte Sicherheit bei der dreimaligen getrennten Erhebung des gleichen Maßes schon hinreichenden Anlaß für die Versuchsanstalt, das Verfahren auch in Zukunft festzuhalten. Es ist aber jedenfalls für die Praxis von Werth, Klarheit darüber zu gewinnen, wie weit sie mit der Vereinfachung ihrer Meßmethoden gehen kann, ohne sehr falsche Dehnungswerthe zu erhalten. Ich theile deswegen hier eine Zusammenstellung der Messungen mit, wie sie in Versuchsreihe I an Stäben von der Form b gemacht worden sind.

Fig. 35.

Theilung t = 7 mm mit dem Normalmaßstabe von Bamberg.

B die Theilung bezeichnet.

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
70	77	84	91	98	105	112	119	126	133	140
70,10	77,10	84,10	91,17	98,23	105,18	112,18	119,22	126,25	133,33	140,26
70,06	77,06	84,06	91,10	98,13	105,13	112,15	119,15	126,17	133,17	140,19
+ 10	+ 10	+ 10	+ 17	+ 23	+ 18	+ 18	+ 22	+ 25	+ 33	+ 26
+ 6	+ 6	+ 6	+ 10	+ 13	+ 13	+ 15	+ 15	+ 17	+ 17	+ 19
von B = + 10,2										
− 4	− 4	− 4	0	+ 3	+ 3	+ 5	+ 5	+ 7	+ 7	+ 9

Tabelle 17. Unterschied der Dehnungen auf der Schmal- und Breitseite der Stäbe.

Stab-zeichen	Bruchdehnungen gemessen auf δ_5 oder 10 l_t: Schmalseiten Mittel a %	Breitseite b %	a − b %	Bruchdehnungen gemessen auf δ_{10} oder 20 l_t: Schmalseiten Mittel a′ %	Breitseite b′ %	a′ − b′ %	auf l_t 20 Selbstzeichner $\delta_{x'}$ %	$\frac{a' + b'}{2}$ δ_{10} %	$\delta_{10} - \delta_{x'}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D 21	—	—	—	—	—	—	—		
D 22	52,5	53,0	− 0,5	46,0	46,5	− 0,5	(36,4)	46,3	—
D 23	56,6	55,7	+ 0,9	49,2	48,5	+ 0,7	46,1	48,9	+ 2,8
E 21	56,2	55,6	+ 0,6	50,8	50,1	+ 0,7	44,2	50,5	+ 6,3
E 22	56,3	55,8	+ 0,5	49,6	48,9	+ 0,8	46,5	49,3	+ 2,8
E 23	53,4	52,9	+ 0,5	45,6	45,4	+ 0,2	42,5	45,5	+ 3,0
F 21	42,1	41,7	+ 0,4	35,3	35,1	+ 0,2	32,2	35,2	+ 3,0
F 22	37,8	36,9	+ 0,9	28,6	27,7	+ 0,9	23,0	28,2	+ 5,2
F 23	33,2	31,7	+ 1,5	23,3	22,9	+ 0,4	23,5	23,1	− 0,4

In Tab. 18 lasse ich dann einen Auszug der Mittelwerthe von Tab. 22 Spalten 29 und 30 folgen, welche die Endergebnisse einer Reihe von solchen Messungen darstellen, die an Stäben von verschiedener Form (Breite zu Dicke = $^1/_1$; $^3/_1$; $^5/_1$ und $^{10}/_1$) ausgeführt wurden.

Tabelle 18. Unterschiede zwischen den Dehnbarkeiten δ_5 und δ_{10}, bestimmt an Theilungen auf den Schmalseiten und der Breitseite von Kupferstäben (Auszug aus Tabelle 12).

Blech	A		B		C		D		E		F	
	δ_5	δ_{10}	δ_5	δ_{10}	δ_5	δ_{10}	δ_5	δ_{10}	δ_5	δ_{10}	δ_5	δ_{10}
Stabform a	9	−1	7	12	9	3	—	—	—	—	—	—
" b	8	5	7	3	5	0	16	12	4	3	11	6
" c	—	—	—	—	—	—	0	0	2	1	−3	−1
" d	—	—	—	—	—	—	6	4	?	7	5	5
" e	—	—	—	—	—	—	22	9	13	9	8	2

Man sieht aus den Tabellen, daß die Messungen an der Schmalseite stets größere Werthe gegeben haben, und daß der Unterschied bei Stabform b bis auf über 1 Prozent anwachsen kann. Bei den Stäben von quadratischem Querschnitt ist der Unterschied am kleinsten, bei den Stäben vom Breitenverhältniß $^{10}/_1$ am größten, wie dies in der Natur der Sache liegt. Aus den Schaulinien für die Dehnungen in den einzelnen Stabtheilen Fig. 36 und 37 Taf. III geht hervor, daß im Allgemeinen die Linien für Breitseite und Schmalseite sich decken. Die Hauptabweichungen kommen in der Haupteinschnürung und an den Stellen vor, wo sich Neben-einschnürungen bilden[1]). Man darf daher in der Praxis und bei Benutzung von Probestäben, bei denen das Breitenverhältniß zur Stabdicke den Werth $^4/_1$ nicht übersteigt und die Meßlänge l hinreichend groß ist (worüber später noch zu reden sein wird), nur dann die Messungen einer einzigen Theilung in der Mitte der Breitseite ausführen, wenn man gelegentliche Fehler

[1]) Der aus Tabelle 18 erkennbare Einfluß des Breitenverhältnisses würde mehr verschwinden, wenn die Meßlängen nach dem später besprochenen Verhältniß 11,3 $\sqrt{F}$ gebildet wären.

von mehr als 1 Prozent Dehnbarkeit in den Kauf nehmen kann. Hierbei muß natürlich, wie früher schon angedeutet auf einem Längsriß von den Bruchrändern aus gemessen werden.

Wie man sieht bleibt unter den Fehlern, die durch die Art der Messung entstehen, als Fehler von grundsätzlicher praktischer Bedeutung hauptsächlich der zuletzt besprochene und derjenige bestehen, welcher aus der verschiedenen Lage der Bruchstelle gegenüber den Endmarken, zwischen denen die Dehnbarkeit gemessen wird, sich ergiebt. Wie schon gesagt, wird dieser Fehler auf sein kleinstes Maß zurückgeführt, wenn man das weiter oben geschilderte von der Konferenz in München vorgeschlagene und in allen öffentlichen Prüfungsstellen gebräuchliche Verfahren einschlägt. Hierbei wird mit Hülfe der Theilung in solchen Fällen, in denen der Bruch nahe dem einen Ende (b, Fig. 38) liegt, durch doppelte Inrechnungstellung des Stückes a b_2 das am kurzen Stabende fehlende Stück a' b' ergänzt. Die Messung erfolgt also gewissermaßen, als ob der Stab in der Mitte gerissen wäre. Man darf diese Ergänzung vornehmen, weil durch die Ueberlegung und aus sehr gut begründeter Erfahrung feststeht, daß die Formänderung der beiden Hälften eines Stabes symmetrisch zur Bruchfläche verläuft, wie es z. B. aus den Fig. 36 u. 37 Taf. III klar ersehen werden kann.

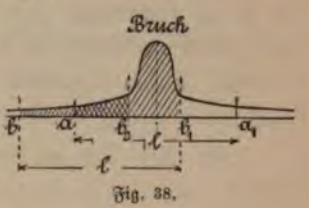


Fig. 38.

b) Einfluß der Spannköpfe.

Wie aber aus der zuletzt angeführten Fig. 36 und 37 wohl ohne weiteres einleuchten wird, haben die Dehnungsschaulinien eine besondere Eigenthümlichkeit. Die den Stabenden nahegelegenen Theilungen zeigen nämlich fast immer (auch dann wenn ein allmählicher Uebergang in den eigentlichen Spannkopf stattfindet) eine geringere, gegen das Ende hin abnehmende Dehnbarkeit. Diese, wie man sieht, sehr gut meßbare Erscheinung, kann nur eine Wirkung der Einspannköpfe sein; sie ist bei allen weichen Materialien gleich gut nachweisbar. Hieraus ergiebt sich ein Unterschied zwischen dem Verhalten eines sehr langen Stabes, wie er bisher vorausgesetzt wurde, und dem Verhalten eines kurzen Stabes von beschränkter Gebrauchslänge (l_g = Länge des prismatischen Stabtheiles), wie er in der Praxis allein anwendbar ist. Dieser Einfluß der Spannköpfe bewirkt es nämlich, daß die Längendehnungen in den symmetrisch zum Bruch gelegenen Theilungen derjenigen Probestäbe, die nahe der einen Endmarke zu Bruche gehen, in der That nicht gleich sind, und daß in diesen Fällen somit die vorhin gemachte wesentliche Voraussetzung der symmetrisch zum Bruche verlaufenden Formänderung nicht streng erfüllt ist, wie man sich aus Fig. 37 Taf. III leicht überzeugen kann. Liegt daher der Bruch sehr nahe dem Ende der Theilung, so ist unter allen Umständen die Dehnungsmessung um so mehr beeinflußt, je mehr bei der Eigenart des in Frage kommenden Materiales die Wirkung der Einspannköpfe hervortritt. Auch dieser Punkt ist von praktischer Wichtigkeit, und er war Veranlassung, weshalb ich dem Verein deutscher Eisenhüttenleute bei Gelegenheit der Neuberathung seiner „Vorschriften für Lieferungen von Eisen und Stahl" den Vorschlag machte

> alle Stäbe von der Bestimmung der Dehnbarkeit auszuschließen, die außerhalb des mittleren Drittels der Meßlänge reißen.

Befolgt man diese Regel, so gewinnt man den weiteren praktischen Vortheil, daß man

> die Dehnungsmessung in der bisher in der Praxis üblichen einfachen Weise zwischen zwei in der Entfernung l angebrachten Endmarken vornehmen kann.

Dieses Verfahren hat die Wiener Konferenz denn auch neben dem bereits früher von ihr empfohlenen Verfahren der Dehnungsmessung angenommen.

Aus der Tab. 15 hat man bereits ersehen, daß bei diesem Verfahren (oder wie Bauschinger vorgeschlagen hat, bei Ausschluß der Stäbe, deren Bruch im Endviertel der Meßlänge liegt) der verbleibende Fehler gegen Bruch in der Mitte erträglich klein bleibt. Es ist zu vermuthen, daß er unter Umständen sogar kleiner bleiben wird, als der bei dem umständlicheren Verfahren der Versuchsanstalten wegen des Einflusses der Spannköpfe noch verbleibende Fehler. Indessen sind hierüber weitere Untersuchungen nothwendig, die in der Versuchsanstalt bereits in Angriff genommen worden sind.

Ich muß hier noch einen anderen Vorschlag besprechen, der von vielen Seiten, unter Anderen auch von v. Tetmajer vertreten worden ist. Man ist vielfach der Meinung, daß man die Formänderung neben der Bruchstelle, die eigentliche Einschnürung, ausschließen solle, indem man sich der weit verbreiteten Ansicht anschloß, daß man die Dehnbarkeit des Stabes sich aus zwei Theilen entstanden denken könne, nämlich aus dem Antheil der Einschnürungsstelle, der nur die Dehnbarkeit eines eng begrenzten Theiles des Stabes zeigt und aus einem zweiten, an dem die ganze Länge des Stabes gleichmäßig Theil nehme. Nur den letzteren wollte man zur Bewerthung der Materialeigenschaften benutzen. Nun ist aber die Voraussetzung, daß die Dehnung in irgend einem Abschnitt des Versuches konstant für die ganze Meßlänge l sei, angenähert nur dann erfüllt, wenn man einen Stab von sehr großer Gebrauchslänge lg voraussetzt. Bei unsern kurzen Probestäben tritt aber die Einwirkung der Spannköpfe, (wie einige Versuche zeigten[1]) und wie zu erwarten war) bereits innerhalb der Elasticitätsgrenze hervor, und ganz besonders zeigt sie sich, wie schon gesagt, bei dem hier allein in Frage kommenden Zustande des Stabes nach dem Bruch. Es giebt bei einem Stabe von beschränkter Länge überhaupt keinen Stabtheil, bei dem die Dehnbarkeit auf größere Länge konstant ist. Hat man dies aus Versuchen abgeleitet, so kann es sich hier nur um Zufälligkeiten oder nicht ganz einwandfreie Benutzung der Zahlenwerthe handeln. Wenn aber die Hauptvoraussetzung des hier besprochenen Vorschlages nicht zutrifft, so fragt es sich, wie groß sind die Fehler des in Vorschlag gebrachten Verfahrens und was bietet es uns Neues und Vortheilhaftes für die Erkenntniß der Materialeigenschaften? Ueber letzteren Punkt sind bereits vielfach die bestehenden Ansichten auch öffentlich ausgesprochen; über die erste Frage werden die in der Ausführung begriffenen Untersuchungen hoffentlich die nöthigen Unterlagen geben.

In welchem Maße der Einfluß der Spannköpfe gelegentlich hervortreten und durch welche Mittel er ausgeglichen oder berücksichtigt werden kann, will ich weiter unten behandeln (die im Gange befindlichen Versuche werden sich auch auf diesen Punkt erstrecken). Ich muß zuvor, um die praktische Bedeutung der Formänderung der Probestäbe für die Zuverlässigkeit und Vergleichbarkeit der Versuchsergebnisse ins rechte Licht zu setzen, noch Folgendes besprechen.

c) Einfluß der Meßlänge.

Um den Einfluß der Meßlänge übersichtlich hervortreten zu lassen, habe ich in Tab. 19 die Mittelwerthe einer Anzahl von Messungen zusammengestellt, die an eingetheilten Stäben aus Flußeisen für die Meßlängen $l = 20$; 10 und 5 Theilungen entnommen worden sind.

[1]) Diese Versuche sollen in systematischer Weise fortgesetzt werden.

Tabelle 19. Einfluß der Meßlängen auf die Werthe für die Dehnbarkeit.

Dehnungen in % von l, bezogen auf Bruch in der Mitte.

($l_t \cdot 20$; $l_t \cdot 10$ und $l_t \cdot 5$ würde den Verhältnissen $n = l/\sqrt{f} = 11{,}3$; 8,5 und 3,5 entsprechen.)

Stabform (Flußeisen)	$l_t \cdot 20$ %	$l_t \cdot 10$ %	$l_t \cdot 5$ %	oder bezogen auf $l_t \cdot 20 = 100$	
				$l_t \cdot 10$	$l_t \cdot 5$
a) Mittel von Rundstäben[1])	31,1	38,4	49,5	123,5	159,2
b) „ „ Flachstäben[1])	33,4	42,0	54,6	125,7	163,7
c) „ „ Rundstäben[1])	29,0	37,5	52,8	129,2	182,0
d) „ „ Flachstäben[2])	29,9	38,2	50,8	127,2	169,7
e) „ „ Flachstäben[2])	35,4	48,0	68,6	135,5	193,7

Die in Tab. 19 veranschaulichten, übrigens längst erkannten Thatsachen sind durch den vorwiegenden Antheil verursacht, den die örtliche Einschnürung an der gesammten Verlängerung bei kürzeren Meßlängen nimmt. Dieser Einfluß der Einschnürung tritt natürlich bei weichem Material am stärksten hervor; bei hartem wenig dehnbarem Material findet man bei weitem geringere Unterschiede als sie im zweiten Theil von Tab. 19 angegeben sind. Daher kommt es wohl, daß solange das Schweißeisen mit seiner damals in der Regel geringen Dehnbarkeit das Hauptmaterial für Eisenkonstruktionen bildete, der Einfluß der Meßlänge fast garnicht beachtet wurde. Mit der steigenden Verwendung des weichen Flußeisens und anderer weicher Metalle wird sich aber die Nothwendigkeit immer mehr zu erkennen geben, diesen Einfluß weit sorgfältiger zu studiren und auch in der Praxis zu beachten.

d) Einfluß der Querschnittsform und Größe.

Unter Anderen hat Bauschinger den vorbesprochenen Punkt eingehender studirt und zugleich auch den Einfluß der Querschnittsform und der Querschnittsgröße untersucht[3]).

Ich will in etwas abweichender Form kurz den Gedankengang schildern. Nimmt man an (was allerdings, wie weiter oben erörtert, auch bei Probestäben von großer Gebrauchslänge nicht vollkommen zutrifft), daß die Verlängerung nach dem Bruch sich aus der gleichmäßigen Verlängerung λ und aus der örtlichen Verlängerung λ_1 zusammensetzt — so wird, da, wie Ueberlegung und Erfahrung lehrt, die Querschnittsgröße auf λ keinen Einfluß hat und man erwarten darf, daß λ_1 bei ähnlichen Querschnittsformen und gleichem Material proportional der Querschnittsgröße ist, die Dehnbarkeit sich wie folgt darstellen lassen:

$$\lambda = \beta l \text{ und } \lambda_1 = \gamma \sqrt{f},$$

worin β die Dehnbarkeit der Längeneinheit des Stabes bis zum Eintritt der Einschnürung und γ eine andere dem Material eigenthümliche Konstante bedeutet. Drückt man die Summe $\lambda + \lambda_1$ in Prozenten von l aus, so erhält man

$$\delta = 100\ (\beta + \gamma \sqrt{f/l}).$$

Für einen andern Stab aus gleichem Material, aber mit einem anderen Querschnitt, würde also

$$\delta_1 = 100\ (\beta + \gamma \sqrt{f_1/l_1})$$

sein. Soll nun δ in beiden Fällen gleich groß sein, d. h. will man bei Stäben aus gleichem Material aber von verschiedenem Querschnitt gleiche Dehnbarkeit erhalten, so muß sein

$$\delta = \delta_1 \text{ oder } 100\ (\beta + \gamma \sqrt{f/l}) = (\beta + \gamma \sqrt{f_1/l_1}) \text{ oder}$$

$$l/l_1 = \sqrt{f}/\sqrt{f_1}.$$

[1]) Nach Versuchen der Versuchsanstalt.

[2]) Nach Versuchen Bauschingers (s. dessen „Mittheilungen" Heft XXI, Seite 22).

[3]) Bauschingers „Mittheilungen", Heft XXI.

Bauschinger hat nun aus seinen Versuchsergebnissen den für das Versuchswesen praktisch sehr wichtigen Erfahrungssatz abgeleitet, daß

> die Querschnittsform innerhalb der praktisch gebräuchlichen Grenzen keinen Einfluß auf das Versuchsergebniß, ganz besonders auch nicht auf die Dehnbarkeit hat, wenn man die Meßlänge proportional der Wurzel aus dem Stabquerschnitt ($\sqrt{f}$) macht.

Hierdurch gewinnt die letzte Formel erweiterte Bedeutung; sie wird zuverlässig richtig allerdings nur bei der oben gemachten Voraussetzung großer Gebrauchslängen sein, weil sonst die Wirkung der Spannköpfe hervortritt und die Formänderung beeinflußt.

In welchem Maße aber der Bauschingersche Erfahrungssatz zutreffend ist, wird am besten aus Fig. 39 Taf. III einleuchten, in welcher die an Stäben verschiedener Form gewonnenen Versuchsergebnisse Bauschingers nach wachsenden Werthen von $l/\sqrt{f}$ geordnet und die Dehnungen als Ordinaten verzeichnet sind. Man sieht leicht, daß trotz der verschiedenen Querschnittsformen (Kreis bis zum Rechteck vom Verhältniß $b/a = 3$) und trotz der sehr verschiedenen Querschnittsgrößen, die Werthe mit praktisch ausreichender Annäherung sich an eine gemeinsame Ausgleichlinie anschmiegen, von der nur wenige Punkte etwas stärker abweichen.

Bauschinger hat alle Versuchsergebnisse mit dem Normalrundstabe von 20 mm Durchmesser und der Meßlänge $l = 150$ mm also $l/\sqrt{f} = 8{,}5$ verglichen. Stellt man die hierbei gewonnenen Werthe für δ nach wachsenden Querschnittsgrößen zusammen, wie in Fig. 40 Taf. III geschehen, so erkennt man, daß die Querschnittsgröße innerhalb der Grenzen des Versuches und für das untersuchte Material (Flußeisen) nur einen sehr geringen Einfluß auf die Dehnbarkeit hat; man kann allenfalls eine ganz geringe Abnahme der Dehnbarkeit δ mit der Querschnittsgröße erkennen.

Bildet man, um den Einfluß der Querschnittsform noch genauer zu studiren, aus den Bauschingerschen Ergebnissen, die mit Stäben von gleichem Verhältniß b/a gewonnen wurden, Mittelwerthe und ordnet diese nach wachsenden Werthen von b/a, so kann man aus den Bauschingerschen Tab. I und II für Stäbe vom Verhältniß $l/\sqrt{f} = 8{,}5$ folgende Uebersicht (Tab. 20) ableiten.

Tabelle 20. **Einfluß der Querschnittsform auf die Dehnbarkeit.**

	b/a =	Rundstäbe	Flachstäbe						
		1,0	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2,1	2,5	3,0
I.	δ = %	32,9	—	31,0	—	31,7	33,0	31,8	(29,9)	32,0
	Zahl der Fälle	7	—	1	—	4	1	2	1	1
II.	δ = %	—	33,2	—	33,3	33,5	—	33,2	—	34,5
	Zahl der Fälle	—	2	—	1	5	—	1	—	1

Man sieht aus diesen Zahlreihen, daß die Querschnittsform innerhalb der Grenzen des Versuches keinen Einfluß gehabt hat. Aber man wird doch, obwohl die für gewöhnlich benutzten Stabformen innerhalb der von Bauschinger gewählten Grenzen liegen, die Versuche unter ähnlichen Gesichtspunkten und mit weiteren Grenzen auf andere Materialien ausdehnen müssen.

Die Nothwendigkeit dieser Erweiterung scheint mir durch die Wirkung der Stabköpfe bedingt zu sein, die nicht ganz zu vermeiden ist, weil wir im praktischen Dienste des Materialprüfungswesens gezwungen sind, mit möglichst kurzen Stäben zu arbeiten. Um aber die Nothwendigkeit dieser Ergänzung praktisch zu erweisen, möchte ich hier noch einige Versuchsreihen Barbas[1]) mittheilen, aus welchen die Wirkung der Einspannköpfe sehr überzeugend hervorgeht.

Barba prüfte aus gleichem Material eine Reihe von Stäben gleichen Durchmessers, aber von verschiedener Gebrauchslänge lg, denen er gleiche Köpfe gab und verglich die gefundenen Werthe von δ (ausgezogene Linie in Fig. 41 Taf. III) mit den Werthen (punktirte Linie), die er mit Zugrundelegung verschiedener Meßlängen l an einem Stabe von großer Gebrauchslänge fand, den er vorher mit einer Theilung versehen hatte. Man wird sofort erkennen, daß die Dehnung δ durch die Wirkung der Köpfe ganz erheblich vermindert wird, aber um so weniger, je länger der Stab ist, und ich denke man ersieht hieraus, daß die vorher entwickelten Formeln und Verhältnisse der weiteren praktischen Erprobung durch den Versuch bedürfen, um die Grenzen ihrer Anwendbarkeit festzustellen.

> Man kann die an langen Stäben für kurze Meßlängen gewonnenen Dehnbarkeiten noch keineswegs mit den an kurzen Stäben mit gleichen Meßlängen gewonnenen Dehnbarkeiten vergleichen,

wenn auch die Werthe von $l/\sqrt{f}$ einander gleich sind. Bei Zugrundelegung des Normalstabes von 20 mm Durchmesser und $l = 200$ mm, also $l/\sqrt{f} = 11{,}3$, ergeben die von Barba gefundenen Werthe beim langen Stabe $\delta = 34{,}5$ und beim kurzen $\delta = 28{,}3$, also einen Unterschied von 100 zu 82.

> Sollen also Stäbe von anderen Abmessungen die gleichen Werthe liefern, wie unser Normalstab von 20 mm Durchmesser und 200 mm Meßlänge, so muß man nothwendiger Weise auch noch Bestimmungen treffen, die den Einfluß der Einspannköpfe ausschließen.

Bis man, durch weitere Versuchsergebnisse überzeugt, dahin kommen wird, auch die zuletzt gestellte Forderung in der Praxis zu erfüllen, darf man es wohl sicher als einen großen Fortschritt im Materialprüfungswesen bezeichnen, daß die Wiener Konferenz[2]) im Jahre 1893 den Bauschingerschen Vorschlag annahm und die Bestimmung traf:

„Die Meßlänge muß, um die prozentuale Dehnung von der Querschnittsform und Größe unabhängig zu bekommen, proportional der Quadratwurzel aus der Größe f des Querschnittes gemacht werden und ist unter Zugrundelegung des bereits international gewordenen Probestabes von 20 mm Durchmesser und 220 mm Gebrauchslänge die Meßlänge

$$l = 11{,}3\sqrt{f}$$

zu machen[3])."

---

[1]) Mem. Soc. Ing. Civ. 1880, Seite 682.

[2]) „Beschlüsse" u. s. w. Seite 22, 23 und 28.

[3]) Bei Gelegenheit der Berathungen über „Normalbedingungen für die Lieferung von Eisenkonstruktionen für Brücken und Hochbauwesen", aufgestellt von dem Verbande deutscher Architekten- und Ingenieurvereine, dem Verein deutscher Ingenieure und dem Verein deutscher Eisenhüttenleute (Hamburg, Otto Meißner 1893) wurde schon etwas früher von mir der Vorschlag gemacht, das oben angegebene Verhältniß einzuführen. Man hat aber aus praktischen Gründen 300 bis 500 qmm Querschnitt bei 200 mm Meßlänge als Abmessung für die Probestäbe angenommen, d. h. Verhältnisse $n = l/\sqrt{f} = 11{,}6$ bis herunter zu 9,0. Aus Tab. 19 und besonders Tab. 29 und 30 kann man aber ohne Weiteres einsehen, daß die bei Anwendung des kleineren Querschnittes mit $n = 11{,}6$ gewonnenen Dehnungswerthe recht erheblich kleiner ausfallen, als bei Anwendung des größeren Querschnittes mit

e) Das Gesetz der Aehnlichkeit.

Bei der Besprechung des Einflusses, den die Einschnürung an den Größenwerthen von δ nahm, wurde bereits von der Ueberlegung Gebrauch gemacht, daß bei langen Stäben aus ganz gleichmäßigem Material die Formänderungen ähnliche werden müßten, wenn die Querschnittsformen ähnliche sind. Man sah, daß innerhalb der von Bauschinger benutzten, d. h. innerhalb der praktisch im Prüfungswesen vorkommenden Grenzen für die Querschnittsabmessungen, die Querschnittsgröße und die Querschnittsform keinen wesentlichen Einfluß auf die Dehnbarkeit hatte, wenn die Meßlänge proportional der Wurzel aus dem Querschnitt gemacht wurde. Bauschinger benutzte aber vorwiegend Stäbe, bei denen die Gebrauchslänge lg die Meßlänge l nur um weniges überschritt, und bei denen auch die Köpfe wenigstens angenähert ähnlich waren.

Das übrigens auch schon früher angedeutete Gesetz der Aehnlichkeiten, wie es Barba[1]) nannte, oder das Gesetz der proportionalen Widerstände, wie es Kick[2]) allgemeiner bezeichnete, kann man im gegenwärtigen Falle etwa wie folgt ausdrücken:

> Geometrisch ähnliche Körper aus gleichem Material erfahren unter gleichen Umständen durch die gleichen Spannungen geometrisch ähnliche Formänderungen.

Man hat hiernach zu erwarten, daß innerhalb der Fehlergrenzen der Versuchsausführung und innerhalb der unvermeidlichen Verschiedenheiten des Materiales bei gleichen Spannungen auch gleiche Dehnungen an zwei Probestäben erhalten werden, wenn alle Abmessungen, also auch diejenigen der Stabköpfe, der Uebergänge vom prismatischen Stabtheil zum Kopf, die Gebrauchslänge, die Meßlänge und die Theilungen innerhalb der Meßlänge in gleichem Verhältniß bemessen werden.

Die allgemeine Ableitung des Gesetzes und Bewahrheitung durch Versuchsergebnisse würde hier nicht am Platze sein; sie ist in den Arbeiten von Barba und Kick gegeben. Für die hier in Frage kommenden Zwecke wird es genügen, wenn ich auf die in Fig. 56 Taf. VI Linie A_1 gegebenen Schaulinien von Kupferstäben der Stabform a und b verweise, welche verschiedene Querschnittsgrößen, aber zugleich proportionale Abmessungen erhalten haben; leider ist es versäumt worden auch die Theilungen proportional zu machen, indem der versuchsausführende Beamte auf den Stäben der Stabform a statt der Theilung $l_t = 10$ mm eine solche mit $l_t = 7$ mm anwendete. Ich suchte diesen Fehler dadurch auszugleichen, daß ich die Schaulinien über der gleichen Grundlinie auftrug, und diese das eine Mal in 20 Theile und das andere Mal in 30 Theile eintheilte, weil den 20 Theilen zu je 10 mm nahezu 30 Theile von je 7 mm entsprechen. Der kleine Fehler, der wegen der überschießenden 10 mm entsteht, kann wohl vernachlässigt werden. Die ausgezogenen Linien beziehen sich auf den Stab a von 30×10 mm und die punktirten Linien auf den Stab b von 21×7 mm Querschnitt; von den Stäben b konnte leider nur ein Stab benutzt werden, weil die übrigen zu nahe an den Köpfen gerissen sind. Beachtet man diese Umstände, so darf man wohl sagen, daß die aus-

---

dem Verhältniß $n = 9{,}0$. Die Vorschriften sind also, wie sie jetzt gefaßt sind, nicht geeignet vergleichbare Ergebnisse bezüglich der Dehnbarkeit des Materiales herbeizuführen. Derjenige, der mit dem Verhältniß $n = 9{,}0$ arbeitet, ist im Vortheil gegenüber demjenigen, der mit dem Verhältniß $n = 11{,}6$ arbeitet. Man darf wohl hoffen, daß mit fortschreitender Erkenntniß auch dieser Punkt noch verbessert wird, und daß auch die vorgenannten Vereine sich an die Konferenzbeschlüsse anlehnen werden.

[1]) Mem. Soc. Ing. Civ. 1880.

[2]) „Das Gesetz der proportionalen Widerstände." Leipzig, Arthur Felix, 1885, 8°.

gezogenen und punktirten Linien sich so vollkommen decken, wie es für solche Versuche unter den gegebenen Verhältnissen erwartet werden kann. Um aber die Einflußlosigkeit der Querschnittsform und Querschnittsgröße noch besser zu erweisen, möchte ich noch die Fig. 42 Taf. IV mittheilen, welche in gleicher Art wie Fig. 36 und 37 Taf. III die Längendehnungen in den einzelnen Theilungen von solchen Rund- und Flachstäben aus Flußeisen darstellen, die mit einer Theilung $l_t = 0{,}565\sqrt{f}$ versehen waren; auch hier fallen die ausgezogene und die punktirte Linie nahezu zusammen.

Diese Erfahrungen und ganz besonders die Beobachtungen über den Einfluß der Einspannköpfe haben mich seinerzeit veranlaßt, in der ständigen Kommission der mehrfach genannten Konferenzen den Vorschlag zu machen, man möge unter Zugrundelegung des bereits international gewordenen Probestabes von 20 mm Durchmesser und 200 mm Meßlänge allgemeine Bestimmungen über die Abmessungen der Probestäbe treffen; ich will diese Vorschläge in Folgendem in ein wenig veränderter Form mittheilen, um sie zur öffentlichen Besprechung zu stellen. Die Wiener Konferenz hat, wie ich schon sagte, den wesentlichsten Theil bereits angenommen; weiter wollte man aus praktischen Gründen zunächst noch nicht gehen.

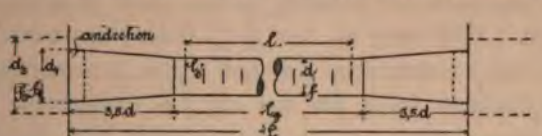


Fig. 43.

Die Abmessungen des Normalrundstabes der Versuchsanstalt haben folgende Verhältnisse (vergl. Fig. 43)

$f_1 = 1{,}5\ f$; $f_2 = 3{,}0\ f$ oder $d_1 = 1{,}22\ d$; $d_2 = 1{,}73\ d$ und $l = 10\ d$;
$l_g = 11\ d$; $L = 18\ d$ oder, da

$$d = \frac{2}{\sqrt{\pi}}\sqrt{f} = 1{,}128\sqrt{f},$$

so kann man, um für Rund- und Flachstäbe gleiche Einheit zu bekommen, alle Maße bezogen auf $\sqrt{f}$ als Einheit ausdrücken. Unter geringer Abrundung der Werthe kommt man dann zu folgenden Verhältnissen:

a) für den bearbeiteten Rundstab,
d. h. für den Stab mit konischen Uebergängen und Einspannköpfen
$d = 1{,}13\sqrt{f}$; $d_1 = 1{,}5\sqrt{f}$; $d_2 = 2\sqrt{f}$,
$l_g = 12{,}5\sqrt{f}$; $L = 20\sqrt{f}$,
$l = 11{,}3\sqrt{f}$ und $l_t = 0{,}565\sqrt{f}$;

b) für den unbearbeiteten Rundstab,
d. h. cylindrischen Stab ohne Uebergänge und ohne Einspannköpfe
$L = l_g = 18\ d$ oder $= 20\sqrt{f}$,
$l = 11{,}3\sqrt{f}$ und $l_t = 0{,}565\sqrt{f}$;

c) für den unbearbeiteten Flachstab,
d. h. ganz prismatisch und vom Breitenverhältniß $a/b = 1/1$ bis $1/4$
$L = l_g = 20\sqrt{f}$
$l = 11{,}3\sqrt{f}$ und $l_t = 0{,}565\sqrt{f}$;

d) für bearbeitete Flachstäbe (Fig. 44),
Kopfdicke gleich Stabdicke a mit Uebergängen nach dem Kreise von etwa 70 mm Durchmesser und vom Breitenverhältniß a/b = 1/1 bis 1/4

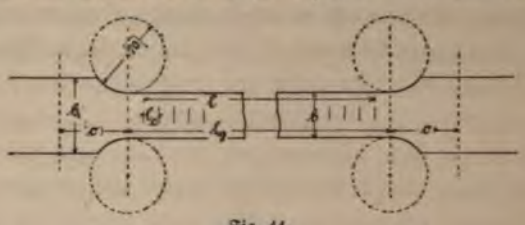


Fig. 44.

$l_g = 12{,}5\sqrt{f}$; $c = b$; $b_1 = 1{,}5\ b$, also
$L = 12{,}5\sqrt{f} + 2\,b$,
$l = 11{,}3\sqrt{f}$ und $l_t = 0{,}565\sqrt{f}$.

Beim Rundstab kann man durch geringfügiges Andrehen (wie punktirt angedeutet) den Kopf passend zum Einspannfutter der Maschine machen, wenn man mit Kugelschalen und Einlegeringen arbeiten will. Will man an den Kopf Schraubengewinde anschneiden, so kann man das Maß d_2 um soviel vermindern, daß das nächste der gebräuchlichen Gewinde paßt. Die Uebergänge beim Flachstab lassen sich nur auf sehr umständliche Weise so formen, daß das Gesetz der Aehnlichkeiten ebenso weit gewahrt ist, wie beim Rundstab. Aus praktischen Gründen wird man sich daher mit der Annäherung begnügen, die durch Anfräsen der Uebergänge in den Kopf mit dem Fräser von etwa 70 mm Durchmesser erreicht werden kann. Die Nuthen für die Spannkeile oder die Enden der Beißkeile sollen vom Ende des prismatischen Stabtheiles um das Maß c = b abstehen, so daß in allen Fällen das Maß L die freie Einspannlänge des Probestabes ist.

f) Einfluß der Stabform auf σ_P, σ_S, σ_B und q.

Wenn man die schon mehrfach besprochenen Versuchsergebnisse Bauschingers, die er an Rundstäben und Flachstäben aus Flußeisen und Schweißeisen erhielt, nach der Querschnittsgröße geordnet zusammenstellt, so ergiebt sich die praktisch außerordentlich werthvolle, früher bereits angeführte Erkenntniß, daß der Einfluß des Stabquerschnittes und der Stabform, innerhalb der Grenzen der im Materialprüfungswesen gebräuchlichen Verhältnisse, auf die Spannungen E, σ_P, σ_S und σ_B und auf die Formänderungen q und δ nur sehr gering ist (vgl. Fig. 45 Taf. IV), wenn man δ an Meßlängen bestimmt, die proportional $\sqrt{f}$ sind und zwischen den Grenzen $l = (8 \text{ bis } 17)\sqrt{f}$ liegen[1]). Bei den Flachstäben wechselte in diesen Versuchsreihen das Verhältniß a/b von 1/1,3 bis 1/3. Die Gebrauchslängen wechselten zwischen $l_g = (8 \text{ bis } 17)\sqrt{f}$; einmal kommt $24{,}7\sqrt{f}$ vor, die Kopfformen waren nicht ganz streng proportional und das Verhältniß von l zu l_g war kein konstantes.

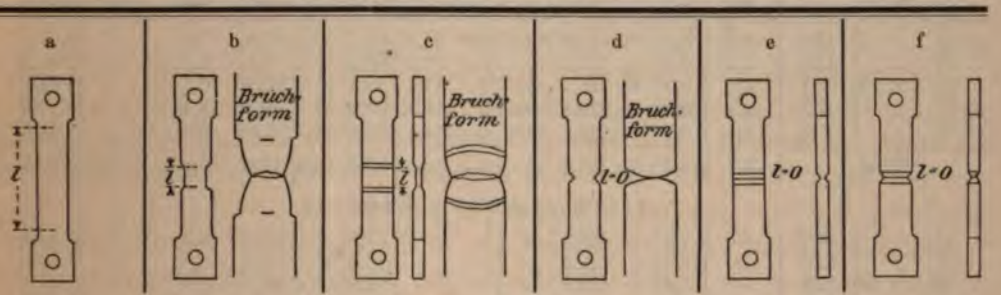
Auch wenn man die Bauschingerschen Versuche nach wechselnden Größen von $l/\sqrt{f}$ einordnet, kommt man zu dem Ergebniß, daß der Einfluß der Querschnittsgröße und Querschnittsform sowie das Verhältniß der Gebrauchslänge zur Querschnittsgröße innerhalb der von ihm innegehaltenen Grenzen praktisch keinen Einfluß auf die Spannungen E, σ_P, σ_S und σ_B

[1]) Selbstverständlich ist nach Vorausgehendem, daß der Messung der Bruchdehnung ein bestimmter Werth zwischen diesen Grenzen zu Grunde gelegt werden muß; bei der gedachten Zusammenstellung wurde $l = 8{,}5\sqrt{f}$ vorausgesetzt.

hat. Dagegen erscheinen alsdann die Dehnbarkeit δ und die Querschnittsverminderung q (d. h. also die Formänderung) etwas beeinflußt, indem sie mit wachsendem Verhältniß $l g/\sqrt{f}$ um ein Geringes zuzunehmen scheinen, was wiederum das früher gefundene Gesetz über die Wirkung der Einspannköpfe bestätigen würde, denn es wird ausgesagt, daß die an proportionalen Meßlängen ($l = 8{,}5\sqrt{f}$) gewonnenen Dehnbarkeiten um so größer werden, je größer das Verhältniß von l g/l wird.

Will man die Gesetze über den Einfluß der Stabform aus Versuchen klar erkennen, so muß man die Formen in übertriebenem Maße verändern; Versuche in dieser Richtung sind aber bisher noch wenig ausgeführt. Einigen Anhalt gewähren die Versuche von Barba, deren Ergebnisse ich in Tab. 21 zusammenstellte.

Tabelle 21. **Versuche Barbas über den Einfluß der Stabform.** (Flußeisen.)



	a	b	c	d	e	f
Abmessungen.						
Breite b	30	14	30	14	30	14
Dicke a	14	14	6	14	6	6
Querschnitt f	420	186	180	186	180	84
Meßlänge l	200	10	10	0	0	0
$l/\sqrt{f}$	9,8	0,7	0,7	0	0	0
Versuchsergebnisse.						
σ_B	42,0	43,5	44,0	45,7	57,1	60,4
δ_l	30,5	65	40	—	—	—
q	61,8	51,3	49,8	sehr schwach	fast Null	Null

Man erkennt, daß je stärker die Wirkung des Kopfes zum Ausdruck kommen kann, desto geringer wird die Querschnittsverminderung; ist diese ganz unmöglich, wie bei den Formen d, e und f, wo l nahezu 0, so wird auch die Dehnbarkeit unmeßbar, ob unmeßbar groß oder unmeßbar klein, kann man nicht ohne Weiteres entscheiden. Aus Früherem ergab sich, daß die Dehnbarkeit bei abnehmender Meßlänge wächst; es ist die Frage, ob dieses Gesetz uneingeschränkt gültig ist. Eine Beschränkung würde man aus dem gleichzeitig gültigen Gesetz über die Wirkung der Einspannköpfe wohl ableiten können, welche darauf wirken, die Dehnbarkeit zu verringern. Je weniger der Stab infolge des Einflusses der Einspannköpfe dem Streben zur Querschnittsverminderung Folge geben kann, desto größer findet man die Bruchfestigkeit. Die aus den Bauschingerschen Versuchen abgeleitete Thatsache der Einflußlosigkeit des Querschnittes auf die Spannungen E, σ_P, σ_S und σ_B wird also auch nur innerhalb beschränkter Grenzen richtig sein. Ich hoffe über diesen Punkt aus den Ergebnissen der von der Versuchsanstalt begonnenen Untersuchung über die Wirkung der Einspannköpfe noch weiteren Aufschluß zu erlangen.

Tabelle 22. Ergebnisse

Bemerkung: Die aus der Selbstaufzeichnung entnommenen

Platten und Stabzeichen	Stabform	Stabquerschnitt f = qmm	Dehnungsgeschwindigkeit °/₀/Min.	Streckgrenze σ_S kg/qmm		Traggrenze σ_B kg/qmm	Traggrenze δ_B °/₀	Bruchgrenze σ_Z kg/qmm	Bruchgrenze δ_Z °/₀	Dehnung nach dem Bruch δ_b °/₀	Dehnung nach dem Bruch δ_{10} °/₀	Querschnittsverminderung q = °/₀	σ zur Erzielung von (Protokoll) Δε = 100—130 kg/qmm	σ zur Erzielung von Figur ε″ = 20 kg/qmm	σ_S/σ_B	$\frac{\delta_{10}}{\sigma_S/\sigma_B \cdot 100}$
A. Im Anlieferungszustande.																
A 1		297	3,1	6,7		23,1	—	—	—	53,4	46,4	55,6	3,4		0,291	
„ 2	a	299	4,3	6,7		22,9	—	—	—	51,8	43,8	55,9	3,3		293	
„ 3	10 × 30	300	4,3	6,7		23,0	—	—	—	53,1	46,5	55,1	3,3		292	
„ 4		300	4,2	6,7		23,0	—	—	—	51,7	44,9	56,5	3,3		292	
„ 5		296	4,2	6,8		23,0	—	—	—	55,5	46,8	59,1	3,4		296	
Mittel:			4,0	6,7		23,0	—	—	—	53,1	45,7	56,4	3,3	4,2	0,293	1,56
A 6		153	3,4	6,5	7,4	22,5	39,1	19,0	44,5	53,2	46,7	60,8	3,3		0,289	
„ 7	b	154	4,6	6,5	6,1	22,6	40,1	18,2	46,0	56,3	47,4	57,0	3,3		288	
„ 8	7 × 21	151	4,6	6,6	8,1	23,1	34,9	19,6	41,3	52,4	44,8	55,6	2,7		286	
„ 9		147	4,1	6,8	7,3	23,2	36,3	19,9	40,9	50,3	43,1	59,3	3,4		293	
„ 10		146	4,6	6,9	8,4	23,5	38,5	19,9	41,6	52,2	44,7	57,0	3,4		294	
Mittel:			4,3	6,7	7,5	23,0	37,8	19,3	42,9	52,9	45,3	57,9	3,2	3,8	0,290	1,56
B. Im geglühten Zustande.																
B 1		303	—	7,3		22,8	—	—	—	54,9	49,5	58,3	3,3		0,320	
„ 2	a	302	—	6,6		22,8	—	—	—	53,0	47,8	55,0	3,3		290	
„ 3	10 × 30	301	—	7,3		22,9	—	—	—	51,8	46,2	52,1	3,3		319	
„ 4		305	—	6,6		22,6	—	—	—	54,2	49,8	56,9	3,3		292	
„ 5		304	—	6,6		22,9	—	—	—	50,2	43,2	54,9	3,3		288	
Mittel:			—	6,9		22,8	—	—	—	52,8	47,3	55,4	3,3	3,8	0,302	1,57
B 6		148	4,5	8,9	8,3	22,7	31,2	19,4	45,1	50,8	46,2	57,9	4,8		0,393	
„ 7	b	146	4,3	8,2	7,8	22,7	34,9	19,6	42,7	53,0	44,9	58,1	3,4		362	
„ 8	7 × 21	148	4,6	7,4	8,5	22,5	37,4	19,7	40,9	49,4	42,6	56,0	3,4		328	
„ 9		148	4,0	8,2	8,6	22,6	33,1	19,1	43,8	51,6	46,0	58,1	3,4		363	
„ 10		147	4,2	8,2	7,8	22,3	42,4	18,6	45,9	51,9	45,9	59,9	4,1		368	
Mittel:			4,3	8,2	8,6	22,6	35,8	19,3	43,7	51,3	45,1	58,0	3,8	4,8	0,363	1,24
C. Im gehämmerten Zustande.																
C 1		300	—	20,1		23,3	--	—	—	38,8	31,3	56,4	14,7	18,0	0,862	
„ 2	a	294	—	19,1		23,8	—	—	—	40,6	32,7	53,9	10,2	18,0	803	
„ 3	10 × 30	293	—	10,9		23,9	—	—	—	38,6	32,4	55,6	8,2	12,5	455	
„ 4		297	—	20,9		23,6	—	—	—	38,7	30,8	52,9	16,2	18,0	883	
„ 5		289	—	17,3		24,0	—	—	—	39,8	32,4	54,0	13,1	15,5	721	
Mittel:			—	17,7		23,7	—	—	—	39,3	31,9	54,6	12,5	16,4	0,745	0,43
C 6		143	4,5	21,7	21,9	24,5	22,9	20,3	24,7	35,4	26,6	54,2	18,2	19,4	0,885	
„ 7	b	143	4,6	21,7	21,1	23,3	23,5	19,0	27,4	37,6	29,8	55,3	18,2	19,4	927	
„ 8	7 × 21	147	4,7	20,4	19,8	24,3	21,6	19,8	28,1	39,1	29,9	54,2	16,3	16,5	840	
„ 9		146	4,3	19,2	19,8	23,7	27,9	19,8	29,9	35,2	28,8	55,9	15,1	16,0	811	
„ 10		146	×	19,2	19,6	23,3	36,6	20,2	28,4	41,2	30,2	55,9	16,5	16,0	822	
Mittel:			4,5	20,4	20,4	23,8	24,5	19,8	27,7	37,7	29,1	55,1	16,9	17,5	0,857	0,34
Vergleich der Stabformen (Verhältnisse a : b)	A			**100**	—	**100**	—	—	—	**100**	**101**	**98**	106	110	**101**	**100**
	B			**84**	—	**101**	—	—	—	**102**	**104**	**96**	87	82	**83**	**127**
	C			**87**	—	**100**	—	—	—	**104**	**108**	**99**	74	94	**88**	**126**
Vergleich der Bleche Verhältnisse B : A	a			**103**	—	**99**	—	—	—	**98**	**104**	**98**	—	—	**103**	**100**
	b			**123**	115	98	95	100	102	**97**	**100**	**100**	—	—	**125**	**80**
Vergleich der Bleche Verhältnisse C : A	a			**264**	—	**103**	—	—	—	**74**	**70**	**97**	—	—	**254**	**27**
	b			**305**	273	103	65	103	65	**71**	**64**	**95**	—	—	**295**	**22**

der Versuchsreihe V.

Werthe sind in der Tabelle kleiner gedruckt. Platten 12 mm stark.

$\sigma_S/\sigma_{S'} \cdot 100$	Vergleichung der Spannungen σ zur Erzeugung der Dehnungen δ‰ nach den Schaubildern Fig. 50.										Unterschied zwischen Schmal- und Breitseite ‰ . 10	
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	δ_5	δ_{10}
						A. Im Anlieferungszustande.						
											+ 9	+ 3
											+ 13	— 1
											+ 7	— 7
											+ 7	— 9
											+ 9	+ 1
—	10,4	14,4	16,8	18,7	20,0	21,0	21,8	22,3	22,7	22,9	+ 9	— 1
											+ 9	+ 5
											+ 13	+ 10
											+ 5	+ 3
											+ 15	+ 9
											— 1	+ 1
89	13,8	17,9	20,3	21,7	22,2	22,9	23,1	23,0	—	—	+ 8	+ 5
						B. Im geglühten Zustande.						
											+ 10	+ 27
											— 2	+ 1
											+ 18	+ 20
											+ 8	+ 6
											+ 2	+ 5
—	12,0	15,8	18,5	20,3	21,2	21,8	22,1	22,3	22,7	22,9	+ 7	+ 12
											+ 7	+ 4
											+ 6	+ 5
											+ 8	+ 2
											+ 5	+ 2
											+ 8	+ 1
95	14,4	18,0	20,0	21,4	22,8	22,7	22,9	22,6	19,8	—	+ 7	+ 3
						C. Im gehämmerten Zustande.						
											+ 10	+ 7
											+ 7	+ 2
											+ 3	+ 5
											+ 12	+ 2
											+ 13	0
—	22,1	23,0	23,5	23,7	23,8	23,7	—	—	—	—	+ 9	+ 3
											+ 2	+ 2
											— 6	— 6
											+ 4	+ 5
											+ 18	— 4
											+ 6	+ 5
100	22,3	22,7	23,1	23,6	23,5	—	—	—	—	—	+ 5	+ 0
	75	**80**	**83**	**86**	**90**	**92**	**94**	**97**				
	83	**88**	**92**	**95**	**95**	**96**	**96**	**98**	(114)			
	95	**97**	**102**	**101**	**102**							
	115	**110**	**110**	**108**	**106**	**104**	**102**	**100**	**100**	**100**		
	104	**101**	**98**	**99**	**106**	**99**	**99**	**98**	—	—		
	218	**159**	**140**	**127**	**119**	**118**	—	—	—	—		
	162	**126**	**114**	**109**	**106**	—	—	—	—	—		

(Fortsetzung.) Ergebnisse

Platten

Platten und Stabzeichen	Stabform	Stabquerschnitt f = qmm	Dehnungsgeschwindigkeit %/Min.	Streckgrenze σ_S kg/qmm		Traggrenze σ_B kg/qmm	Traggrenze δ_B %	Bruchgrenze σ_Z kg/qmm	Bruchgrenze δ_Z %	Dehnung nach dem Bruch δ_5 %	Dehnung nach dem Bruch δ_{10} %	Querschnittsverminderung q = %	σ zur Erzielung von (Protokoll) $\Delta\varepsilon$ = 100—130 kg/qmm	σ zur Erzielung von Figur $\varepsilon'' = 20$ kg/qmm	σ_S/σ_B	$j = \frac{\delta_{10}}{\sigma_S/\sigma_B \cdot 100}$
D. Im Anlieferungszustande.																
D 1		146	3,5	7,6	7,3	22,9	33,9	19,0	38,8	50,5	42,8	56,7	3,5		0,332	
" 5		147	4,3	7,5	7,0	22,8	36,8	18,8	38,8	50,4	42,3	46,7	3,4		329	
" 9	b	147	4,9	7,5	7,4	23,3	39,1	19,3	44,0	54,3	47,0	56,6	3,4		337	
" 13		144	4,7	7,0	7,3	23,7	39,9	19,3	42,0	49,1	44,0	50,1	3,5		296	
" 17		147	3,9	6,8	6,4	22,6	44,0	18,9	46,7	52,8	48,1	45,6	3,4		301	
Mittel:			4,3	7,3	7,1	23,1	38,7	19,1	42,1	51,4	44,8	51,1	3,4	4,4	0,319	1,41
D 2		46	—	7,8	—	22,8	—	—	—	49,3	43,5	62,8	3,3		0,342	
" 6		47	—	7,7	—	22,9	—	—	—	51,8	46,2	65,9	3,2		336	
" 10	c	48	—	7,6	—	22,7	—	—	—	52,6	46,9	65,5	3,2		334	
" 14		47	2,6	7,7	—	22,4	—	—	—	50,8	44,5	65,9	3,2		344	
" 18		47	2,6	7,7	—	22,6	—	—	—	51,9	47,0	64,2	3,2		341	
Mittel:			—	7,7	—	22,7	—	—	—	51,3	45,6	64,9	3,2	4,6	0,339	1,35
D 3		242	—	7,4	—	23,2	—	—	—	58,6	50,8	55,2	2,5		0,319	
" 7		242	—	9,9	—	23,6	—	—	—	57,1	53,1	53,8	3,3		419	
" 11	d "	244	—	8,2	—	22,9	—	—	—	60,5	51,3	55,1	2,5		358	
" 15		242	—	7,4	—	23,2	—	—	—	54,8	46,4	53,8	2,5		319	
" 19		245	—	7,4	—	22,9	—	—	—	57,4	48,8	58,0	3,3		323	
Mittel:			—	8,1	—	23,2	—	—	—	57,7	50,1	55,2	2,6	4,3	0,348	1,44
D 4		482	—	7,3	—	23,1	—	—	—	60,6	49,3	53,1	2,1		0,315	
" 8		490	—	7,9	—	23,1	—	—	—	61,8	50,2	56,1	2,9		342	
" 12	c	490	3,6	6,4	—	23,0	—	—	—	62,1	51,4	52,8	2,1		278	
" 16		483	2,1	7,1	—	23,1	—	—	—	61,4	50,2	51,2	2,1		307	
" 20		490	3,4	8,2	—	23,2	—	—	—	63,2	53,2	51,7	2,0		353	
Mittel:			3,0	7,4	—	23,1	—	—	—	61,8	50,9	53,0	2,2	3,9	0,319	1,59
Vergleich der Stabformen — Verhältnisse	c : b		**105**	—	**98**	—	—	—	**100**	**102**	**127**	94	104	**106**	**96**	
	d : b		**111**	—	**100**	—	—	—	**112**	**112**	**108**	77	97	**109**	**102**	
	e : b		**101**	—	**100**	—	—	—	**120**	**114**	**104**	65	89	**100**	**112**	
Vergleich der Bleche D : A — Stabform b			**109**	—	**100**	102	99	98	**97**	**98**	**88**	—	—	**110**	**90**	
E. Im geglühten Zustande.																
E 1		142	4,5	7,1	8,3	22,6	38,8	18,3	44,8	54,5	46,4	62,3	2,8		0,314	
" 5		139	4,7	7,2	8,2	22,5	38,5	18,1	42,5	52,8	47,1	56,9	3,6		319	
" 9	b	142	5,0	7,1	7,7	22,0	39,3	18,0	44,6	54,3	44,1	58,3	2,8		323	
" 13		145	4,9	7,6	7,6	22,5	39,9	18,8	43,8	53,7	45,8	55,4	3,5		337	
" 17		139	4,9	7,2	7,4	22,3	35,2	17,8	44,5	52,6	46,4	53,7	3,6		331	
Mittel:			4,8	7,2	7,8	22,4	38,3	18,2	44,0	53,6	46,0	57,3	3,3	4,0	0,325	1,41
E 2		47	—	7,4	—	22,0	—	—	—	53,2	46,9	67,6	3,2		0,337	
" 6		46	—	8,5	—	22,3	—	—	—	54,3	48,4	63,6	3,9		380	
" 10	c	47	—	7,7	—	22,4	—	—	—	49,8	48,3	65,0	3,2		343	
" 14		45	—	7,4	—	22,2	—	—	—	50,3	45,3	65,3	3,4		333	
" 18		46	—	7,2	—	22,1	—	—	—	54,9	47,8	62,3	3,3		326	
Mittel:			—	7,6	—	22,2	—	—	—	52,5	47,3	64,8	3,4	4,5	0,343	1,38

der Versuchsreihe V.

9 mm stark.

$\sigma_S/\sigma_{S'} \cdot 100$	Vergleichung der Spannungen σ zur Erzeugung der Dehnungen δ% nach den Schaubildern Fig. 50.										Unterschied zwischen Schmal- und Breitseite %·10		
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	δ_5	δ_{10}	
D. Im Anlieferungszustande.													
											+ 6	+ 12	
											+ 41	+ 26	
											+ 7	+ 7	
											+ 10	+ 5	
											+ 16	+ 10	
103	14,5	17,7	20,0	21,4	22,1	22,6	23,0	22,8	—	—	+ 16	+ 12	
											— 1	— 1	
											— 1	— 2	
											+ 1	— 1	
											+ 2	+ 1	
											0	+ 1	
—	10,7	14,3	16,8	19,0	20,3	21,0	21,6	22,0	22,4	—	+ 0	— 0	
											—	—	Schmalseite: Theilung ungenau.
											— 3	0	
											+ 4	+ 5	
											+ 14	+ 8	
											+ 16	+ 8	
—	14,2	18,0	20,3	21,6	22,5	22,8	23,2	23,3	23,4	23,5	+ 6	+ 4	
											+ 17	+ 9	
											+ 14	+ 6	
											+ 28	+ 13	
											+ 27	+ 12	
											+ 22	+ 5	
—	12,1	16,6	19,4	20,8	21,9	22,6	22,8	23,0	23,0	—	+ 22	+ 5	
—	**74**	**81**	**84**	**89**	**92**	**93**	**94**	**96**	—	—			
—	**98**	**102**	**102**	**101**	**102**	**101**	**101**	**102**	—	—			
—	**84**	**94**	**97**	**97**	**99**	**100**	**99**	**101**	—	—			
—	**105**	**99**	**99**	**99**	**99**	**99**	**99**	**99**	—	—			
E. Im geglühten Zustande.													
											+ 10	0	
											+ 3	+ 8	
											— 8	+ 9	
											+ 7	+ 3	
											+ 10	— 4	
92	13,3	17,3	19,4	20,8	21,7	22,1	22,4	22,2	—	—	+ 4	+ 3	
											+ 3	+ 5	
											+ 2	+ 1	
											0	— 1	
											+ 1	— 1	
											+ 3	+ 2	
—	10,4	13,8	16,5	18,3	19,6	20,7	21,3	—	—	—	+ 2	+ 1	

(Fortsetzung.) **Ergebnisse der**

Platten und Stabzeichen	Stabform	Stabquerschnitt f = qmm	Dehnungsgeschwindigkeit %/Min.	Streckgrenze σ_S kg/qmm		Traggrenze σ_B kg/qmm	Traggrenze δ_B %	Bruchgrenze σ_Z kg/qmm	Bruchgrenze δ_Z %	Dehnung nach dem Bruch δ_5 %	Dehnung nach dem Bruch δ_{10} %	Querschnittsverminderung q=%	σ zur Erzielung von (Protokoll) $\Delta\varepsilon$ = 100—130 kg/qmm	σ zur Erzielung von Figur $\varepsilon'' = 20$ kg/qmm	σ_S/σ_B	$\frac{\delta_{10}}{\sigma_S/\sigma_B} \cdot 100$
E 3		245	—	7,4	—	22,5	—	—	—	55,6	47,7	54,3	2,5		0,328	
» 7		246	—	8,1	—	22,3	—	—	—	55,3	47,9	54,0	3,3		363	
» 11	d	246	—	7,4	—	22,4	—	—	—	59,9	50,1	54,1	2,5		330	
» 15		238	—	7,6	—	22,3	—	—	—	51,7	44,4	52,5	2,5		341	
» 19		242	—	7,4	—	21,9	—	—	—	55,9	47,9	55,0	3,3		337	
Mittel:			—	7,6	—	22,3	—	—	—	55,7	47,6	54,0	2,8	4,2	0,340	1,40
E 4		491	3,4	7,2	—	22,6	—	—	—	62,9	50,9	53,4	2,9		0,318	
» 8		491	3,9	7,1	—	22,6	—	—	—	62,1	50,7	55,3	3,6		314	
» 12	e	490	3,7	7,0	—	22,8	—	—	—	61,1	50,3	53,1	2,8		307	
» 16		476	3,9	7,4	—	22,5	—	—	—	60,7	50,8	51,9	2,9		329	
» 20		476	3,4	7,4	—	22,6	—	—	—	63,2	52,5	53,9	3,7		328	
Mittel:			3,7	7,2	—	22,6	—	—	—	62,0	51,0	53,5	3,2	4,4	0,319	1,60
Vergleich der Stabformen — Verhältnisse	c : b		**105**	—	**99**	—	—	—	**98**	**103**	**113**	103	112	**105**	**98**	
	d : b		**105**	—	**100**	—	—	—	**104**	**104**	**94**	85	105	**105**	**99**	
	e : b		**100**	—	**101**	—	—	—	**115**	**111**	**93**	97	110	**98**	**113**	
Vergleich der Bleche E : B — Stabform b			**88**	—	**99**	107	94	101	**105**	**102**	**99**	—	—	**90**	**114**	
Vergleich der Bleche E : D — Stabform b			**98**	110	**97**	99	95	104	**104**	**103**	**112**	—	—	**102**	**100**	

F. Im gehämmerten Zustande.

F 1		145	4,2	18,6	18,1	23,0	26,6	17,8	33,9	40,5	32,0	57,7	14,5	15,6	0,810	
» 5		147	5,2	17,0	18,6	23,5	32,2	19,7	38,9	45,4	41,0	56,6	14,3	15,6	721	
» 9	b	147	4,0	17,7	17,9	23,4	28,2	19,8	32,2	42,9	33,9	59,4	14,3	15,0	756	
» 13		145	5,7	22,1	22,1	24,0	19,2	20,5	22,7	29,8	25,0	55,5	18,6	18,2	920	
» 17		145	4,6	21,4	22,4	23,8	27,1	19,0	29,9	39,6	30,9	60,6	17,9	18,2	899	
Mittel:			4,7	19,4	19,8	23,5	26,7	19,4	31,5	39,6	32,6	58,0	15,9	16,4	0,821	0,39
F 2		48	—	17,0	—	22,8	—	—	—	43,7	38,9	63,0	13,2	13,7	0,746	
» 6		46	—	18,4	—	23,7	—	—	—	39,4	33,3	62,3	14,5	13,7	776	
» 10	c	47	—	18,6	—	23,1	—	—	—	39,0	31,6	63,3	14,7	13,7	805	
» 14		48	—	20,8	—	23,3	—	—	—	26,0	17,3	62,0	17,0	17,8	898	
» 18		48	—	20,8	—	23,3	—	—	—	33,4	28,5	62,0	17,0	17,8	898	
Mittel:			—	19,1	—	23,2	—	—	—	36,3	29,9	62,5	15,3	15,3	0,825	0,36
F 3		241	—	17,4	—	22,9	—	—	—	43,5	37,6	50,3	12,5	16,8	0,758	
» 7		237	—	19,4	—	22,3	—	—	—	46,1	36,2	52,9	13,5	16,8	870	
» 11	d	240	—	16,7	—	22,9	—	—	—	47,2	38,0	52,1	11,7	14,2	729	
» 15		237	—	21,9	—	24,0	—	—	—	40,9	34,9	52,5	13,5	17,7	912	
» 19		241	—	21,6	—	23,6	—	—	—	36,2	29,7	49,5	15,8	17,7	912	
Mittel:			—	19,4	—	23,1	—	—	—	42,8	35,3	51,5	13,4	16,6	0,836	0,42
F 4		490	—	18,6	—	23,1	—	—	—	53,6	43,8	54,6	14,3	15,6	0,804	
» 8		491	4,3	18,8	—	23,0	—	—	—	50,9	40,1	50,9	14,5	15,6	817	
» 12	e	483	3,9	18,1	—	22,8	—	—	—	47,5	37,8	51,1	13,8	15,6	792	
» 16		477	3,9	21,3	—	24,1	—	—	—	47,0	32,4	49,6	15,4	17,4	880	
» 20		477	—	22,4	—	24,2	—	—	—	46,1	36,0	48,0	15,2	17,4	926	
Mittel:			4,0	19,8	—	23,4	—	—	—	49,0	38,0	50,8	14,6	16,3	0,844	0,45
Vergleich der Stabformen — Verhältnisse	c : b		**99**	—	**99**	—	—	—	**92**	**92**	**108**	96	93	**100**	**92**	
	d : b		**100**	—	**98**	—	—	—	**108**	**108**	**89**	84	101	**102**	**108**	
	e : b		**102**	—	**100**	—	—	—	**124**	**117**	**88**	92	99	**103**	**115**	
Vergleich der Bleche F : C — Stabform b			**95**	—	**99**	109	98	114	**105**	**112**	**105**	—	—	**96**	**115**	
Vergleich der Bleche F : D — Stabform b			**266**	279	**102**	69	101	75	**77**	**73**	**115**	—	—	**258**	**28**	

Versuchsreihe V. Platten 9 mm stark.

$\sigma_S/\sigma_{S'} \cdot 100$	Vergleichung der Spannungen σ zur Erzeugung der Dehnungen δ % nach den Schaubildern Fig. 50.										Unterschied zwischen Schmal- und Breitseite ‰ . 10	
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	δ_5	δ_{10}
											— 32	+ 2
											+ 19	+ 12
											+ 3	+ 1
											+ 10	+ 7
											+ 6	+ 12
—	13,2	17,0	19,3	20,8	21,8	22,2	22,5	22,6	22,7	22,8	+ 1	+ 7
											+ 5	+ 13
											+ 7	+ 9
											+ 23	+ 6
											+ 16	+ 10
											+ 16	+ 8
—	12,2	16,2	19,1	20,8	21,8	22,1	22,3	22,5	22,6	—	+ 13	+ 9
	78	**80**	**85**	**88**	**91**	**94**	**95**	—	—	—		
	99	**98**	**99**	**100**	**101**	**100**	**100**	**101**	—	—		
	92	**94**	**98**	**100**	**101**	**100**	**99**	**101**	—	—		
	96	**97**	**96**	**96**	**97**	**97**	**97**	**96**	—	—		
	92	**98**	**97**	**98**	**98**	**98**	**97**	**97**	—	—		

F. Im gehämmerten Zustande.

											+ 10	+ 7
											+ 8	+ 1
											+ 12	+ 9
											+ 4	+ 5
											+ 19	+ 10
98	20,3 23,0	21,6 23,6	22,4 23,7	23,1 24,0	23,4 23,2	23,7 —	23,6 —	18,6 —	—	—	+ 11	+ 6
											— 5	— 4
											— 1	+ 2
											— 9	+ 1
											+ 1	+ 2
											+ 1	— 7
—	19,2 22,1	20,3 22,6	21,2 22,8	21,8 23,0	22,0 —	—	—	—	—	—	— 3	— 1
											+ 7	+ 5
											— 2	+ 4
											+ 7	+ 1
											+ 12	+ 5
											+ 14	+ 10
—	19,5 22,9	21,3 23,9	22,3 —	22,9 —	23,2 —	23,2 —	23,3 —	—	—	—	+ 5	+ 5
											+ 23	+ 4
											— 2	— 6
											+ 10	+ 6
											+ 6	— 1
											+ 3	+ 6
—	20,0 23,0	21,2 23,5	22,1 23,8	22,6 24,1	— 24,1	— 24,1	—	—	—	—	+ 8	+ 2
	94 **96**	**94** **96**	**95** **96**	**94** **96**	**94** —	—	—	—	—	—		
	96 **99**	**99** **101**	**99** —	**99** —	**99** —	**99** —	**99** —	—	—	—		
	98 **100**	**98** **99**	**98** **100**	**98** **100**	— (104)	—	—	—	—	—		
	91 **103**	**95** **104**	**97** **102**	**98** **102**	**99** **98**	—	—	—	—	—		
	140 **159**	**122** **133**	**112** **118**	**108** **112**	**106** (105)	**104** —	**102** —	(81) —	—	—		

E. Ergebnisse der Versuchsreihe V 1—6.

Die Ergebnisse der Versuchsreiche V 1 und 2 sollten dazu dienen, den Normalstab alter Form vom Querschnitt 30×10 mit dem für die Kupferuntersuchung in Vorschlag gebrachten Normalstab einer Form vom Querschnitt 21×7 zu vergleichen, also den Nachweis zu erbringen, ob und in welchem Maaße das Gesetz der Aehnlichkeit auch auf weiches und hart gehämmertes Kupfer zu übertragen ist, während aus den Reihen V 3—6 der Einfluß, den die von den Normalstäben abweichende Form auf die Versuchsergebnisse ausübt, festgestellt werden sollte. Der Arbeitsplan ist indessen auch noch mit Rücksicht darauf aufgestellt, daß zugleich die charakteristischen Eigenschaften des Kupfers in den Versuchsergebnissen sich wiederspiegeln.

Die Versuche sind in der Weise durchgeführt wie es der Arbeitsplan (S. 42 des Berichtes) verlangt. Die Versuche wurden mit stufenweiser Belastung, mit 2 Minuten langem Einspielen jeder Last und Ablesung der Nachstreckung nach der ersten und zweiten Minute ausgeführt. Durch mehrmalige Entlastung wurde die bleibende Verlängerung ermittelt.

Um durch die aufzutragenden Schaulinien die Ergebnisse mit den verschiedenen Stabformen und mit Proben aus verschiedenen Blechen ohne weiteres vergleichbar zu machen, sind auch hier die Schaulinien nach den Spannungen σ und den zugehörigen Verlängerungen für die Längeneinheit $\frac{\lambda}{l} = \varepsilon$ (Einheit $\varepsilon \cdot 10^{-6}$) gezeichnet. Gleiches unter gleichen Umständen geprüftes Material muß also die gleichen Schaubilder liefern, so daß die Linienzüge, aufeinander gelegt, sich decken müssen, soweit dies die Fehlergrenzen der Versuchsausführung gestatten. Hierfür mußten die unmittelbaren Beobachtungsergebnisse einer einfachen Umrechnung unterzogen werden. Ich gebe in den Tab. 22 bis 24 hiervon nur die für die Beurtheilung des Materiales wichtigen Zahlen, die zugleich auch in den Schaubildern Fig. 46 bis 61 Taf. IV,

Tabelle 23. **Versuchsbedingungen für die Reihen V 1—6.**

Reihe	Vorgeschrieben			Erreicht		Belastungen		Spannungen		Meßlängen für die Feinmessungen		Gebrauchslänge	
	Abmessungen b × a	Querschnitte f	$\sqrt{f}$	f Min. f Max.	Δ f Min. f Max.	Anfangs-P	Stufen Δ P	Anfangs-σ	Stufen Δ σ	l	$n\sqrt{f}$	lg	$n\sqrt{f}$
	mm	qmm		qmm	%	kg	kg	kg/qmm	kg/qmm	mm		mm	
1	30 × 10	300	17,3			100	200	0,33	0,66	150	8,65	220	12,7
				289	— 3,7								
				305	+ 1,7								
2	21 × 7	147	12,1			100	100	0,68	0,68	100	8,25	160	13,2
				143	— 2,7								
				154	+ 4,8								
3	21 × 7	147	12,1			100	100	0,68	0,68	100	8,25	160	13,2
				139	— 5,4								
				147	0,0								
4	7 × 7	49	7,0			20	30	0,41	0,61	100	14,30	160	22,9
				44,9	— 8,4								
				47,6	— 2,9								
5	35 × 7	245	15,7			100	200	0,41	0,82	100	6,35	160	10,2
				237	— 3,3								
				246	+ 0,4								
6	70 × 7	490	22,1			100	350	0,20	0,71	100	4,51	160	7,2
				476	— 2,9								
				491	+ 0,2								

Die Versuche wurden ohne Entlastungen bis zum Bruch durchgeführt; während der Feinmessungen wurde jede Laststufe 2 Minuten im Einspielen erhalten; die Ablesungen am Spiegelapparat geschahen sofort nach dem Einspielen der Waage und dann nach der ersten und zweiten Minute.

V u. VI enthalten sind. Tab. 23 giebt nochmals die Bedingungen an, unter denen die Versuchsreihen V 1—6 ausgeführt worden sind.

a) Ergebnisse der Feinmessungen.

In den Fig. 46 bis 55 sind in ähnlicher Weise wie früher für die Drähte die elastischen Eigenschaften des Materiales nach den Ergebnissen der Feinmessungen dargestellt.

1. Dehnungszuwachs: In Fig. 46 u. 47 Taf. IV sind die Einzelwerthe des Dehnungszuwachses $\frac{\triangle\varepsilon}{\triangle\sigma}$ für jede Spannungsstufe $\triangle\sigma$ geordnet nach wachsenden Spannungen σ eingetragen; sie sind für jeden der fünf Stäbe in den einzelnen Gruppen durch besondere Bezeichnung der einzelnen Punkte kenntlich gemacht. Durch die so erhaltenen Punktgruppen sind nach dem Augenmaß die Ausgleichlinien gezogen. Diese Linien sind mit dem Zeichen der Versuchsreihe (arabische Zahlen), mit dem Zeichen des Bleches aus dem die Stäbe entnommen sind (große lateinische Buchstaben) und mit dem Zeichen für die Stabform, die zur Anwendung kam (kleine lateinische Buchstaben) versehen. Diese Bezeichnungen kehren später in allen ähnlichen Figuren wieder, so daß an Hand derselben ohne Weiteres von der einen Figur auf die andere übergegangen werden kann.

Aus den Ausgleichlinien der Gruppen auf Fig. 46 erkennt man, daß, ebenso wie bereits bei den durch Erhitzen weich gemachten Drähten und bei Versuchsreihe I festgestellt war, für weiches Kupfer in Blechform keine konstanten Werthe für $\frac{\triangle\varepsilon}{\triangle\sigma}$ gefunden werden. Die Linien besitzen schon bei sehr geringen Größen von σ eine entschiedene Neigung gegen die Abscissenlinie d. h.

> weiches Kupfer zeigt auch bei geringen Spannungsgraden keine den Spannungen proportionale Dehnungen, besitzt also auch keine Proportionalitätsgrenze.

Beim hartgehämmerten Kupferblech Fig. 47 (Bleche C und F) verlaufen die Linien für $\frac{\triangle\varepsilon}{\triangle\sigma}$ zu Anfang nahe zu parallel zur σ-Achse. Auch hier wird bestätigt:

> daß hartgehämmertes Kupfer sich allenfalls bei sehr niedrigen Spannungsgraden proportional den Spannungen dehnt; jedenfalls liegt aber die Proportionalitätsgrenze bei den gehämmerten Blechen C und D unterhalb $\sigma = 5$ kg/qmm.

Während die beobachteten Punkte bei den weichen Blechen AB und DE nur wenig von den Ausgleichlinien abweichen, muß man die Punktreihen für die einzelnen Stäbe aus den hartgehämmerten Blechen oft durch gesonderte Ausgleichlinien verbinden. Der Materialzustand in den einzelnen Proben ist sehr verschieden. Während bei den weichen Blechen $\frac{\triangle\varepsilon}{\triangle\sigma} = 100 \cdot 10^{-6}$ mm schon bei $\sigma = 1{,}5$ bis $4{,}5$ kg/qmm erzeugt wird, wird das gleiche Dehnungswachsthum $\frac{\triangle\varepsilon}{\triangle\sigma}$ für die Spannungsstufe bei den harten Blechen erst bei $\sigma = 7$ bis 15 kg/qmm erzielt.

Fig. 51 Taf. V giebt eine Vergleichung der weichen Kupferbleche A und B und D und E in Bezug auf den Dehnungszuwachs $\frac{\triangle\varepsilon}{\triangle\sigma}$ für gleiche Spannungen σ. Man erkennt leicht, daß

400947A

die Bleche sich nahezu gleich verhalten. Das ausgeglühte Blech B giebt also nahezu die gleichen $\frac{\triangle\varepsilon}{\triangle\sigma}$ wie im Anlieferungszustande. Für die Stabform a zeigt Blech B, für Stabform b aber Blech A den größeren Dehnungszuwachs $\frac{\triangle\varepsilon}{\triangle\sigma}$ für die gleiche Spannung σ. Für die Stabformen b zeigt Blech E größeres $\frac{\triangle\varepsilon}{\triangle\sigma}$ als Blech D; für die Stabformen c und e ist das umgekehrte der Fall und bei Stabform d verhalten sich beide Bleche fast gleich.

Diesen Verhältnissen entsprechend findet man auch in Fig. 53 Taf. V bei den weichen Blechen (Gruppen A D und B E) keine nennenswerthe Unterschiede, und klare gesetzmäßige Beziehungen zu den Stabformen treten kaum hervor; die Linien liegen wirr durcheinander, in der einen Gruppe in anderer Reihenfolge als in der anderen.

> Bei den weichen Kupferblechen hat die Stabform innerhalb der weiten Grenzen der Versuchsreihe V keinen erkennbaren gesetzmäßigen Einfluß auf die Größe des Dehnungszuwachses $\triangle\varepsilon$ für die Spannungsstufe $\triangle\sigma$.

Bei den hartgehämmerten Blechen C und F ist das Material an sich in den einzelnen Stäben so verschieden, daß der etwa vorhandene Einfluß der Stabformen auf den Werth $\frac{\triangle\varepsilon}{\triangle\sigma}$ ganz verschwindet und bei den vorliegenden Versuchsergebnissen nicht erkannt werden kann.

Aus Fig. 53 bestätigen sich die früher aufgestellten Sätze über das Nichtvorhandensein und die Lage der Proportionalitätsgrenze in weichem und hartem Kupfer. Auch in Gruppe C F deutet der allgemeine Charakter der Linienzüge auf anfangs langsames Wachsen von $\frac{\triangle\varepsilon}{\triangle\sigma}$ mit wachsender Spannung σ hin, also auf das Nichtvorhandensein der Proportionalität.

2. Nachstreckung ε''. Die in der ersten und zweiten Minute nach dem Einspielen der Waage unter der neuen Laststufe beobachteten Dehnungen $\triangle\varepsilon''$ sind in den Fig. 48 und 49 Taf. V für wachsende Spannungen σ dargestellt.

Aus dem Verlauf der Linienzüge in Fig. 48 sieht man, daß

> für die weichen Bleche A B und D E und bei allen Stabformen a bis e der Beginn des bemerkbaren Nachstreckens schon auf etwa $\sigma = 2$ kg/qmm fällt.

Auch die Linien für das Nachstrecken in der zweiten Minute weisen auf diesen Punkt hin. Aus dem steileren Verlauf der Linien für das Nachstrecken in der zweiten Minute erkennt man, daß

> das Nachstrecken in der zweiten Minute und zwar bis zu Spannungen σ von durchschnittlich etwas über 7 kg/qmm kleiner ist als in der ersten Minute. Unterhalb dieser Grenze darf man also erwarten, daß das Nachstrecken mit der Zeit abnimmt, daß also das Material bei Spannungen unter 7 kg/qmm allmählich zur Ruhe kommen wird.

Die weichen Bleche A und B und D und E zeigen auch in Bezug auf den Verlauf des Nachstreckens nahezu Uebereinstimmung.

> Die Probestabform hat bei dem weichen Material keinen erkennbaren gesetzmäßigen Einfluß auf die Größe des Nachstreckens bei gleichen Spannungen σ,

denn die Linien für die Bleche im Anlieferungs- und geglühten Zustande zeigen in den nach den Stabformen getrennten Gruppen unregelmäßige Lage gegen einander.

Die Einzelwerthe von ε'' müssen bei den hartgehämmerten Blechen C und F, ebenso wie die Werthe von $\triangle\varepsilon$, durch besondere Linien für jeden Stab ausgeglichen werden. Man erkennt auch hier, daß die Unregelmäßigkeit des Materiales die Wirkung der Stabform auf das Ergebniß bei weitem verdeckt. In Bezug auf den Beginn des Nachstreckens sagen die Linienzüge in Fig. 49 aus:

> beim hartgehämmerten Kupferblech C und F fällt der Beginn des merkbaren Nachstreckens auf Spannungen zwischen $\sigma = 7$ bis 10 kg/qmm.

Auch dieser Umstand weist auf eine niedrige Lage der Proportionalitätsgrenze hin, wenn sie überhaupt vorhanden ist.

Fig. 54 Taf. V giebt einen Vergleich über das Nachstrecken bei allen Stabformen. Auch hier liegen die Linien für die einzelnen Stabformen wirr durcheinander und man erkennt, daß

> bei den weichen Kupferblechen die Stabform keinen erkennbaren gesetzmäßigen Einfluß auf die Größe des Nachstreckens ε'' für die Spannungsstufe $\triangle\sigma$ ausübt.

Bei den hartgehämmerten Blechen macht die Ungleichheit des Materiales auch hier einen Schluß unmöglich. Die Schlußfolgerungen über die Lage des Beginns der Nachstreckung in weichen und harten Blechen werden durch Fig. 54 sehr deutlich erläutert.

3. Dehnungsschaubilder. In Fig. 50 Taf. V sind die Stabdehnungen ε für den ganzen Verlauf des Versuches und die zugehörigen Spannungen σ als Schaubilder aufgetragen und zwar sind für jedes Blech und für jede Stabform die einzelnen beobachteten Werthe verzeichnet und die an je fünf gleichen Stäben gewonnenen Ergebnisse durch einen Linienzug nach Augenmaß ausgeglichen. Die so erhaltenen Linien sind für den weiteren Vergleich benutzt worden. Die Schaubilder beweisen, daß die Werthe im Allgemeinen keine sehr erheblichen Abweichungen von den durch die Ausgleichlinien gegebenen Werthen zeigen. Nur für die Stäbe aus dem gehämmerten Blech F hat man je zwei Ausgleichlinien ziehen müssen, weil die Werthe sich deutlich in Gruppen trennten. Zu bemerken ist noch, daß die meisten Schaulinien nur bis zur Höchstlast verzeichnet wurden, weil die direkten Messungen meistens nicht weiter geführt wurden, da es sich als sehr schwierig erwies, die Belastung nach Beginn der Einschnürung so schnell zu vermindern, daß die Waage wieder zum Einspielen kam; man hat daher nur wenige solcher Messungen ausgeführt und im Uebrigen lieber den Selbstzeichner der Maschine benutzt, um vollständige Schaubilder zu erhalten.

Benutzt man zunächst die Schaubilder zum Vergleich im Allgemeinen, so erkennt man aus Fig. 52 Taf. V, in welcher die Bleche untereinander nach den Ergebnissen mit den verschiedenen Stabformen verglichen sind, daß die Linienzüge für die weichen Bleche A und B und D und E in ihrem Verlauf nahezu zusammenfallen. Die mit Stabform a (30×10 Querschnitt) gewonnenen Ergebnisse lassen Blech B etwas härter erscheinen (die Linie B liegt über A) als Stabform b (21×7); hier erweisen sich die beiden Bleche als nahezu gleich. Das Blech E erscheint bei allen Stabformen b bis e etwas weicher als Blech D, aber die Unterschiede sind sehr gering.

Die Schaubilder der weichen Bleche unterscheiden sich ganz wesentlich von denen der harten Bleche; die Schaulinien für letztere sind zu Anfang wesentlich höher, der Fließbeginn liegt sehr viel höher als bei den weichen, aber die Höchstspannung σ_B ist nur wenig größer.

Letztere ist bei weitem nicht in gleichem Maaße erhöht, wie dies durch Hartziehen beim Kupferdraht geschieht (Vergl. Abschnitt Aa). Die Dehnbarkeit δ_B ist wesentlich verringert.

In Fig. 55 Taf. VI sind wieder alle Schaulinien für die verschiedenen Stabformen in Vergleich gestellt und man bemerkt, daß sich hierbei in den Gruppen für die weichen Bleche A und D (Anlieferungszustand) und B und E (ausgeglüht) einzelne Linien von der Hauptgruppe trennen. In der unteren Gruppe für A und D sind dies die Linien für die Stabformen a und c, welche das Material weicher erscheinen lassen als die übrigen Stabformen. Das Gleiche ist für Gruppe B und E mit Stabform c der Fall, während sich Form a den übrigen Linien nähert aber an der untern Grenze bleibt. Dann folgt in beiden Gruppen die Stabform e während die Linien für die Stabformen b und d sich fast decken.

> Bei den weichen Blechen haben die Linien für den großen Normalstab von 30 × 10 mm Querschnitt einen beträchtlich anderen Verlauf als für den neuen proportionalen Normalstab vom Querschnitt 21 × 7 mm.

Diese Erfahrung widerspricht also dem Gesetz der Aehnlichkeiten, denn wenn dieses ganz streng erfüllt wäre, so müßten, wie gesagt, die beiden Linien für die Stabformen a und b zusammenfallen. Auf einem Zufall kann diese Abweichung nicht wohl beruhen, denn die Unterschiede sind zu groß und aus je fünf unter einander hinreichend gut übereinstimmenden Versuchen abgeleitet; außerdem hat die Stabform b ebensowohl bei den Blechen A und D als auch bei B und E gut übereinstimmenden Verlauf der Linien geliefert.

Bei den harten Blechen zeigen die Linien für alle Stabformen einen ähnlichen Verlauf, aber man kann in dieser Zusammenstellung, wie bei den Einzeldarstellungen, zwei Gruppen unterscheiden, indem sich die früher beschriebenen Doppellinien für die Bleche F in zwei Gruppen einander decken. Die einfachen an den Proportionalstäben a und b gewonnenen Linien für das Blech C fallen mit der oberen Gruppe aus dem Bleche F zusammen, erreichen also gleichen Härtezustand der Proben. In dieser Gruppe fallen die Linien für Stabform a und b nahezu zusammen.

> Bei den hartgehämmerten Blechen ergaben die beiden Normalstabformen nahezu den gleichen Verlauf.

Hier wäre also das Gesetz der Aehnlichkeiten mehr gewahrt als bei den weichen Blechen. Für das von der Theorie und weitgehender Erfahrung abweichende Verhalten der weichen Bleche weiß ich zur Zeit keine rechte Erklärung. Daß die Vorgänge bei der Bearbeitung die dünneren Stäbe mehr beeinflußt haben sollten als die dicken, erscheint mir unwahrscheinlich, denn wenn auch die aus den Blechen AB hergestellten Stäbe b wesentlich mehr behobelt (von 12 auf 7 mm) werden mußten als die dickeren Stäbe a (von 12 auf 10 mm), so kann man sich doch nicht recht vorstellen, daß die Wirkung des schneidenden Stahles so tiefgreifende Veränderungen erzeugen sollte, wie sie durch den Unterschied der Linien angezeigt wird. Allerdings sind die Proben nicht, wie bei den Stäben b bis e, aus den Blechen D bis F abwechselnd nebeneinander entnommen, sondern in Gruppen zu je fünf. Man könnte also vermuthen, daß ein anderer unbekannt gebliebener Arbeitsvorgang den Unterschied hervorrief. Aber meine Nachforschungen in dieser Richtung blieben ohne Erfolg, und es wäre wiederum unverständlich, daß ein solcher unbeabsichtigter und ohne Vorwissen der Beamten der Anstalt vorgenommener Arbeitsvorgang die Bleche im Anlieferungszustand genau in gleicher Art und in gleichem Betrage beeinflußt haben sollte, wie die in der Versuchsanstalt ausgeglühten. Auch die Vorgänge beim Versuch können, so weit ich sehe, keinen solchen Einfluß

ausgeübt haben, daß man ihnen die gefundenen Unterschiede beimessen müßte. Die Meßlängen waren ebenfalls proportional, wie man aus Tab. 23 ersieht[1]).

Auch bei den hartgehämmerten Blechen lassen die Ergebnisse mit Stabform c die Bleche in beiden Gruppen weicher erscheinen, als sie sich nach denen der übrigen Stabformen erweisen.

b) Dehnungen in den Stabtheilen.

Um über den Einfluß der Stabformen auf die Formänderungen einen besseren Ueberblick zu bekommen, ließ ich an einer Anzahl von Stäben der Reihe V die Verlängerungen in den einzelnen Theilungen bestimmen. Die hierbei gewonnenen Ergebnisse benutzte ich zur Verzeichnung der Fig. 56 bis 60 Taf. VI. Die hier gegebenen Dehnungsschaubilder haben gleichen allgemeinen Charakter, wie die früher mitgetheilten. Leider war es nicht möglich aus den einzelnen Versuchsreihen die mittlere Dehnungsschaulinie abzuleiten, weil immer nur sehr wenige Stäbe in der Mitte und mit nur einer Einschnürung rissen; die meisten Stäbe zeigen deutlich den Beginn mehrerer Einschnürungen. Aus solchen Stäben kann natürlich der gesetzmäßige Verlauf der Formänderungen in den Stabtheilen, insbesondere der Einfluß der Einspannköpfe nicht klar erkannt werden. In den Fig. 56 bis 58 Taf. VI sind jedesmal zwei Linien für jeden Stab verzeichnet, von diesen beziehen sich die ausgezogenen Linien auf die Theilungen an der Breitseite und die punktirten auf die Theilungen an den Schmalseiten. Man findet in Bezug auf den gegenseitigen Verlauf dieser Linien kaum eine Gesetzmäßigkeit. Die auffälligen Abweichungen an einzelnen Punkten sind controlirt, Meß- und Rechnungsfehler dürften deswegen ausgeschlossen sein, aber man konnte einzelne Theilstriche nicht mehr klar erkennen, sie wurden leider von dem Beamten, der die Messungen machte, mit der Nadel nachgerissen und daher ist ein grundsätzlicher Fehler an diesen Stellen nicht ausgeschlossen. An anderen Stellen konnte einseitige Formänderung und schiefe Einschnürung der Stäbe erwiesen werden. Die Zahlen am Anfang der Liniengruppen geben die Größe der Verschiebungen gegen die Nulllinie der einzelnen Figuren an.

Fig. 56 Taf. VI enthält die Dehnungsschaulinien, wie sie an dem großen Normalstab a (30×10) für die Bleche A, B und C gewonnen wurden. Um einen Vergleich zwischen den beiden Normalstäben von proportionalen Abmessungen zu ermöglichen, habe ich eine am Normalstab b für das Blech A gewonnene Dehnungsschaulinie (bezeichnet mit A_b) in Fig. 56 über die Linie für den Stab A_1 gezeichnet. Man wird sehen, daß auf der rechten Seite sich die Linien ziemlich decken, aber völliges Zusammenfallen, wie man es bei Ableitung aus mehreren Stäben gleicher Form für gleiches Material zu erhalten pflegt, findet hier nicht statt. Für drei Stäbe (Form a f $= 30 \times 10$) der Reihe V_1 habe ich zur Erläuterung dessen die Linien übereinander zeichnen können, Fig. 60 Taf. VI; ich brachte einmal die Bruchstelle und das andere Mal die Kopfenden der Theilungen zur Deckung und konnte so auch erweisen, in welchem Maße der Einfluß der Spannköpfe deutlich hervortritt.

Fig. 57 und 58 Taf. VI geben eine Uebersicht von Dehnungsschaulinien für die verschiedenen Stabformen und Bleche. Leider war es hier nicht möglich, nur solche Stäbe gegenüberzustellen, die regelrecht in der Stabmitte zerrissen sind; von Stabform b ließ sich sogar nur für Blech F ein Stab finden, den man für diesen Vergleich allenfalls benutzen konnte. Ver-

[1]) Um die Sache weiter zu verfolgen und zum Austrag zu bringen, wäre es nothwendig, aus einem dickeren, sorgfältig geglühten Blech Probestäbe von proportionalen Abmessungen zu entnehmen und diese paarweise zu prüfen, indem man das eine Stück unmittelbar zerreißt und das andere vorher nochmals sorgfältig ausglüht. Auf diese Weise müßte die Wirkung des schneidenden Werkzeuges auf das Material zum Ausdruck kommen.

gleicht man die Linienzüge für die gleichen Bleche aber für verschiedene Stabformen untereinander, wie es in Fig. 59 Taf. VI geschehen, so erkennt man, daß die Linienzüge für die schmalen Stäbe in der Nähe der Bruchstelle steiler verlaufen als diejenigen für die breiten Stäbe. Bei den weichen Kupferblechen (Gruppe I) tritt es klar hervor, bei den harten (Gruppe II) ist es weniger bestimmt ausgesprochen. Ich habe versucht durch anderweitige Anordnung der Versuchsergebnisse noch mehr Klarheit in die Sache zu bringen, indessen das Material erwies sich als noch zu wenig geeignet. Daher wird bei geeigneter Gelegenheit die Untersuchung mit vollkommen proportional geformten Stäben wieder aufzunehmen sein.

Um die in Abschnitt Da schon berührte Frage wegen der Unterschiede in den Dehnungsbestimmungen an den Schmal- und Breitseiten noch weiter zu verfolgen, habe ich in Tab. 22 Spalten 29 und 30 diese Unterschiede für die Stäbe aus Versuchsreihe V eintragen lassen; Spalte 29 giebt ihn für die Messungen δ_5 auf je 5 Theilungen und Spalte 30 auf je 10 Theilungen vom Bruch. Geht man diese Spalten durch, so bemerkt man, daß die Mittelwerthe stets negativ und nur einige Einzelwerthe positiv ausfallen. Die Zahlenwerthe für die Mittel erreichen selten Beträge die ein Prozent übersteigen. Bei Stabform b und δ_{10} kommt dies nur einmal vor; am größten sind die Unterschiede bei Stabform e[1]).

c) Hauptwerthe der Festigkeitseigenschaften.

In Tab. 22 ist ein sehr eingehender Vergleich über den Einfluß der Stabformen sowie über die Hauptwerthe der Festigkeitseigenschaften der Bleche A bis F gegeben. Es ist nicht möglich hier alle einzelnen Züge zu besprechen; den Hauptvergleich der Mittelwerthe findet man durch die Verhältnißzahlen am Fuß der einzelnen Gruppen der Tabelle gegeben.

Zunächst sei kurz hervorgehoben, daß das, was früher bereits gefunden, im Allgemeinen durch die Versuchsreihe V bestätigt wird. Hierher gehört, daß die Bleche A und B und D und E nahezu gleiches Verhalten zeigen. Die Verhältnißzahlen B : A und E : D weichen nur unbedeutend von 100 ab, und dasselbe kann man auch von den Zahlen D : A aussagen, also die weichen Bleche zeigen nahezu gleichen Charakter. Für diese Vergleiche sind die Ergebnisse mit Stabform b benutzt. Etwas mehr Unterschied zeigen die hartgehämmerten Proben aus den Blechen F und C, wie dies ja in der Natur der Sache liegt. Die Unterschiede in den harten und weichen Blechen drücken sich in erster Linie durch die Verhältnißzahlen für die Streckgrenze σ_S und $\sigma_{S'}$ für die Werthe σ_S/σ_B und Z aus, dann folgen die Werthe für die Dehnbarkeit und am wenigsten sind die Spannungen σ_B und σ_Z durch das Hämmern beeinflußt. In den Spalten 19 bis 28 sind die Werthe für die Spannungen σ, durch welche gleiche Dehnung erzeugt werden, entsprechend dem früher über die Form und den Völligkeitsgrad der Schaubilder Gefundenen, anfangs größer; sie fallen sowohl beim Blech C als auch bei F von etwa 160 bis 105. Die Zahlenwerthe für σ_S/σ_B und Z charakterisiren wiederum sehr scharf den Bearbeitungszustand der Bleche. Aus den Werthen $\sigma_S/\sigma_{S'}$ 100 ergiebt sich die Bestätigung dafür, daß bei wiederholter Inanspruchnahme die Streckgrenze, wie früher gefunden, sich bei der Beanspruchung über die ursprüngliche Streckgrenze erhebt.

Ueber den Einfluß der Stabformen auf die Versuchsergebnisse gewinnt man die beste Uebersicht aus der kurzen Zusammenstellung in Tab. 24 und Fig. 61 Taf. VI. Aus letzterer kann man ohne Weiteres ableiten:

Innerhalb der bei der Versuchsreihe V benutzten Grenzen (7 × 7 bis 70 × 7 bei 147 mm Gebrauchslänge) hat die Querschnittsgröße und

[1]) Bei Versuchen mit der später zu besprechenden Stabform f waren die Unterschiede zum Theil noch größer.

Tabelle 24. Gegenüberstellung der Hauptwerthe Reihe V.

Vergleich der Stabformen a bis e. Mittelwerthe aus je 5 Versuchen.

Stabform	Blech	σ_S kg/qmm	σ_B kg/qmm	δ_{10} %	q %	σ_S/σ_B	Z
a 30 × 10	A	6,7	23,0	45,7	56,4	0,293	1,56
	B	6,9	22,8	47,3	55,4	0,302	1,57
	C	17,7	23,7	31,9	54,6	0,745	0,43
b 21 × 7	A	6,7	23,0	45,3	57,9	0,290	1,56
	B	8,2	22,6	45,1	58,0	0,363	1,24
	C	20,4	23,8	29,1	55,1	0,857	0,34
a/b . 100	A	**100**	**100**	**101**	**98**	**101**	**100**
	B	**84**	**101**	**104**	**96**	**83**	**127**
	C	**87**	**100**	**108**	**99**	**88**	**126**
c	D	7,7	22,7	45,6	64,9	0,339	1,35
	E	7,6	22,2	47,3	64,8	0,343	1,38
	F	19,4	23,2	22,9	62,5	0,825	0,36
b	D	7,3	23,1	44,8	51,1	0,319	1,41
	E	7,2	22,4	46,0	57,3	0,325	1,41
	F	19,4	23,5	32,6	58,0	0,821	0,39
d	D	8,1	23,2	50,1	55,2	0,348	1,44
	E	7,6	22,3	47,6	54,0	0,340	1,40
	F	19,4	23,1	35,3	51,5	0,836	0,42
e	D	7,4	23,1	50,9	53,0	0,319	1,59
	E	7,2	22,6	51,0	53,5	0,319	1,60
	F	19,8	23,4	38,0	50,8	0,844	0,45
c/b . 100	D	**105**	**98**	**102**	**127**	**106**	**96**
	E	**105**	**99**	**103**	**113**	**105**	**98**
	F	**99**	**99**	**92**	**108**	**100**	**92**
d/b . 100	D	**111**	**100**	**112**	**108**	**109**	**102**
	E	**105**	**100**	**104**	**94**	**105**	**99**
	F	**100**	**98**	**108**	**89**	**102**	**108**
e/b . 100	D	**101**	**100**	**114**	**104**	**100**	**112**
	E	**100**	**101**	**111**	**93**	**98**	**113**
	F	**102**	**100**	**117**	**88**	**103**	**115**

Stabform auf die Werthe von σ_S/σ_B und σ_S/σ_B nur einen so außerordentlich geringen Einfluß, daß dieser für praktische Versuche vernachlässigt werden kann.

Dagegen sind die Formänderungen d. h. die Werthe für δ_{10} und q erheblich beeinflußt. δ_{10} nimmt mit wachsendem Querschnitt d. h. also mit abnehmendem Verhältniß $1/\sqrt{f}$ zu, während q unter gleichen Umständen abnimmt.

Dementsprechend ist auch der Werth für Z durch die Stabform beeinflußt und zwar in gleichem Sinne, wie die Dehnbarkeit δ_{10}.

Die Beeinflussung von δ_{10} scheint bei gehämmerten Blechen erheblich stärker zu sein als bei weichen, was indessen weiterer Bestätigung bedarf.

Aus dem ersten Theil von Tab. 24 ersieht man leicht, daß die Unterschiede beim Blech A ganz besonders für die Dehnbarkeit und Querschnittsverminderungen bei proportionalen Stabformen nur klein sind. Bei den Blechen B und C zeigen sich für die Streckgrenze beträchtlich geringere Werthe beim großen Normalstab (Form a), während die Dehnbarkeiten δ_{10} beim Normalstab b kleiner erscheinen. Dementsprechend sind natürlich die abgeleiteten Werthe σ_S/σ_B und Z ebenfalls beeinflußt. Diese scheinbare Beeinflussung widerspricht den oft

bestätigten Erfahrungen; ganz besonders auffallend aber ist das verschiedene Ergebniß bei beiden weichen Blechen A und B. Bei der Streckgrenze spielt ja allerdings die Art und Weise ihrer Ermittelung eine große Rolle, aber bei den hier vorliegenden Versuchen ist diese Bestimmung ja ganz besonders vorsichtig stets in gleicher Weise ausgeführt, und zwar ist für die in Tab. 24 mitgetheilten Werthe von σ_s das Verschwinden der Skalen bei den Feinmessungen als Anhaltspunkt gewählt worden. Um der Sache auf den Grund zu gehen, habe ich in Tab. 22 noch diejenigen Spannungen (Spalte 14 und 15 und 19 bis 28) eingetragen, welche gleiche Dehnungszuwachse $\triangle\varepsilon$, gleiche Nachstreckungen ε'' und gleiche Dehnungen δ erzeugen und habe diese Zahlen in Vergleich gestellt. Man sieht an den Verhältnißzahlen auf der ersten Seite von Tab. 22, daß die Spannungen σ, welche gleichen Dehnungszuwachs $\triangle\varepsilon$ und gleiches Nachstrecken ε'' erzeugen, ähnlich beeinflußt sind wie die Streckgrenze. Aus den Verhältnißzahlen in den Spalten 19 bis 28 für die beiden weichen Bleche geht hervor, daß sich beide Bleche allerdings während des ganzen Verlaufes des Versuches etwas verschieden verhalten. Denn während die Stabform a beim Bleche A Spannungen σ für gleiche Formänderungen δ aufweist, die gegen diejenigen der Stabform b sich verhalten wie 75 bis 97 (allmählich anwachsend zu 100, zeigt Blech B die gleichen Verhältnisse von 83 bis 98 wachsend), also durchgehends etwas bessere Uebereinstimmung zwischen den Ergebnissen beider Stabformen. Bei den harten Stäben wird diese Uebereinstimmung wesentlich besser, die Zahlen bewegen sich zwischen den Grenzen 95 bis 102. Die Spannungen für die Streckgrenze sollten nun aber mit den Spannungen, wie sie in den Spalten 19 bis 28 mitgetheilt sind, eine fortlaufende Reihe bilden, und ein Gleiches darf von den Verhältnißzahlen erwartet werden. Letzteres trifft aber nur für die Bleche B und C zu, wo sich die Werthe 84 und 87 an die Werthe in den Spalten 19 bis 28 gut anschließen, während der Werth 100 für Blech A sich nicht so glatt an die Reihe 75 bis 97 in den Spalten 19 bis 28 anschließt; das Gleiche ist aber auch mit den Werthen 106 und 110 aus den Spalten 14 und 15 der Fall.

Aus allen diesen Betrachtungen geht hervor, daß sich das Gesetz der Aehnlichkeiten an den Versuchsreihen V 1 und 2 nicht so streng bewahrheitet hat, wie nach anderweitigen Erfahrungen erwartet werden durfte. Aber es ist eben durch die anderweitigen Erfahrungen doch so fest begründet, daß das hier gefundene negative Ergebniß für die Lage der Streckgrenze und der Spannungen für gleiche Formänderungen während des Versuches (d. h. in Wahrheit ähnliche Verlängerungen λ, denn δ ist in Prozenten von l ausgedrückt) der weiteren Bestätigung bedarf. Hierbei wird, wie schon mehrfach angedeutet die Auswahl der Stabformen eine zweckmäßigere sein können, so daß verschiedene Querschnittsgrößen und Formen neben gleichen Verhältnissen für $l/\sqrt{f}$ benutzt werden. Das Gesetz der Aehnlichkeiten muß, wenn es strenge Gültigkeit hat, für jeden Versuchsabschnitt seine Gültigkeit haben, und dies muß durch den Versuch bestätigt werden.

Das für die Weiterführung der Kupferuntersuchungen praktische Ergebniß der Versuchsreihe V ist, daß es

> zunächst zweckmäßig erscheint bei den folgenden Prüfungen soviel wie möglich nur **eine einzige Stabform** (Form b $= 21 \times 7$ mm) zu benutzen und in allen Fällen, wo dies nicht möglich ist, in erster Linie proportionale Formen anzuwenden. Sind proportionale Formen unmöglich, so sollte doch das Verhältniß $n = l/\sqrt{f}$ konstant bleiben und zwar $n = 11{,}3$.

Die Stabtheilung ist stets $l_t = 0{,}565\sqrt{f}$ zu machen und die Dehnbarkeit δ_5 oder δ_{10} auf je 5 oder je 10 Theilungen vom Bruch zu bestimmen; δ_{10} soll der Materialbeurtheilung zu Grunde gelegt werden.

Die Bezeichnung der Bruchdehnung sollte in Zukunft immer so gewählt werden, daß man ohne Weiteres erkennen kann auf welches Verhältniß $n = l/\sqrt{f}$ sie sich bezieht und dementsprechend möchte ich den Vorschlag machen

die Zahl n als Index für δ zu benutzen,

also beispielsweise für den vorbesprochenen Fall statt δ_{10} zu schreiben

Bruchdehnung $\delta_{11{,}3} = x$.

F. Ergebnisse der Versuchsreihe IV.

Die Versuchsreihe IV soll über die Wirkung der mechanischen Bearbeitung von Kupfer auf dessen Festigkeitseigenschaften Aufschluß geben. In dieser Hinsicht wird sie durch die bereits besprochene Versuchsreihe mit dem hartgezogenen Draht ergänzt. Tab. 25—27 enthalten Zusammenstellungen der Versuchsergebnisse.

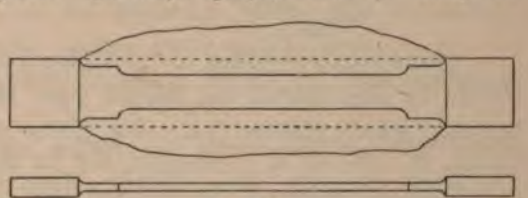


Fig. 62.

Die Hämmerung der Proben in den Reihen b und c geschah in der Weise, daß Streifen von $47 \times 9 \times 287$ mm im kalten Zustande in der Mitte nach Fig. 62 so gehämmert wurden, daß die in Tab. 25 angegebenen Dicken entstanden, dann sind die Streifen auf die Breitenabmessungen der Stabform b bearbeitet.

Tabelle 25. **Ergebnisse der Versuchsreihe IV.**

Reihe	σ_S kg/qmm	σ_B kg/qmm	δ_{10} %	q %	σ_S/σ_B	Z	Art der Bearbeitung
a	5,3	22,8	47,4	58	0,233	2,03	Anlieferungszustand
E 33 b_1	22,7	25,2	24,2	54	0,900	0,27	auf 7,5 mm Dicke gehämmert.
F 35 b_2	23,0	27,1	10,0	51	0,850	0,12	„ 6,5 „ „ „
F 42 b_3	27,8	28,6	6,0	48	0,970	0,05	„ 5,5 „ „ „
E 34 c_1	5,8	(15,7)	44,8	54	—	—	auf 7,5 } gehämmert, dann ausgeglüht und auf Stabform bearbeitet.
F 36 c_2	4,4	22,2	45,5	57	0,198	2,30	„ 6,5 }
F 43 c_3	5,4	22,0	45,9	55	0,246	1,87	„ 5,5 }
$b_1 : a$	**428**	**111**	**51**	**93**	**385**	**13**	
$b_2 : a$	**434**	**119**	**21**	**88**	**364**	**6**	
$b_3 : a$	**527**	**126**	**13**	**83**	**415**	**2**	
$c_1 : a$	**109**	**(69)**	**95**	**93**	—	—	
$c_2 : a$	**83**	**98**	**96**	**98**	**85**	**113**	
$c_3 : a$	**102**	**97**	**97**	**95**	**105**	**92**	
Mittel:	**98**	**98**	**96**	**95**	**95**	**102**	
d	4,7	22,6	44,3	58	0,208	2,13	ausgeglüht u. dann auf Stabform gebracht.
e	3,1	21,6	51,8	60	0,144	3,60	auf Stabform gebracht und dann geglüht.
f	4,5	21,7	47,1	57	0,207	2,29	wie bei e, dann abgeschreckt.
e : d	**66**	**96**	**117**	**103**	**69**	**169**	
f : d	**96**	**96**	**106**	**98**	**100**	**108**	
d : a	**89**	**99**	**94**	**100**	**89**	**105**	
e : a	**58**	**95**	**109**	**103**	**62**	**177**	
f : a	**85**	**95**	**100**	**98**	**88**	**113**	

Aus Tab. 25 kann man Folgendes ableiten:

Kaltes Hämmern erhebt ganz besonders die Streckgrenze bis über das Vierfache des Werthes im Anlieferungszustande, es erhebt die Bruchgrenze nur wenig und dementsprechend den Werth σ_S/σ_B sehr stark.

Die Dehnbarkeit δ_{10} und der Werth Z werden sehr stark, die Querschnittsverminderung nur wenig verkleinert. Kaltes Hämmern hebt also die Spannungsgrenzen und vermindert die Formänderungsfähigkeit. Der Grad der mechanischen Bearbeitung tritt am klarsten aus der Verminderung der Dehnbarkeit und des Werthes Z hervor.

Durch das darauf folgende Ausglühen wird hartgehämmertes Kupfer nahezu auf den Anfangszustand zurückgeführt, wenn es in diesem schon völlig weich war. Die Wirkung der mechanischen Bearbeitung im kalten Zustande kann durch Glühen ganz wieder beseitigt werden[1]).

Wenn man die Zahlen in den Reihen a bis c vergleicht wird man finden, daß durch das Glühen die Eigenschaften des Kupfers sogar durchschnittlich etwas unter das Maaß im Anlieferungszustande gefallen sind. Die Werthe weichen indessen in den einzelnen Reihen etwas hiervon ab, aber es ist zu bedenken, daß die Stäbe nicht unmittelbar neben einander, wenn auch sonst aus Stücken E und F entnommen sind, die derselben Blechtafel entstammen und bei der Herstellung gleiche Behandlung erfuhren.

Die Reihen d, e und f enthalten die Mittelwerthe von Stäben, bei denen die Arbeitsvorgänge des Ausglühens und der Bearbeitung zur vorgeschriebenen Stabform wechselten und bei denen die Abkühlung einmal sehr langsam unter Kohlenlösche, das andere Mal rasch durch Abschrecken in Wasser von 10 C° erfolgte. Aus den Zahlenreihen sieht man leicht, daß

die erst bearbeiteten und dann geglühten Stäbe wesentlich weicher geworden sind als die erst geglühten und dann bearbeiteten (vergl. Reihen e d und f d). Die abgeschreckten Stäbe sind etwas härter als die langsam abgekühlten, was sich namentlich in Streckgrenze, Dehnbarkeit und ganz besonders in den Werthen für σ_S/σ_B und Z ausdrückt.

Erhebliche Unterschiede zeigen die Reihen d bis f auch gegen den Ursprungszustand (Reihe a).

Da nun, wie man sieht, die Art und Weise des Glühens von sehr wesentlichem Einfluß auf die Ergebnisse ist, so schien es nothwendig die bereits besprochenen Reihen durch ähnliche Versuche, wie sie mit den hartgezogenen Drähten ausgeführt wurden, zu ergänzen. Zu diesen Versuchen wurden ebenfalls Stäbe von der Form b benutzt die je drei Minuten lang bei t C° im Bleibad erhitzt wurden. Die Versuche haben die in Tab. 26 niedergelegten Ergebnisse geliefert.

Drei Minuten langes Erhitzen auf 300 bis 550 C° hat keinen nennenswerthen Einfluß auf die Festigkeitseigenschaften des weichen Kupferbleches; höchstens erscheint die Lage der Streckgrenze mit zu-

[1]) Vergl. die [illegible] Versuche über die Wirkung des wiederholten Zerreißens von Kupferstäben. Absatz c

Tabelle 26. **Einfluß der Erhitzung auf t C° und darauf folgender Abschreckung auf die Festigkeitseigenschaften von weichem Kupferblech.**

Blech- und Stabzeichen	Erhitzt auf C°	Querschnitt f=qmm	Spannungen σ_S kg/qmm	$\sigma_{S'}$ kg/qmm	$\sigma_{B'}$ kg/qmm	σ_B kg/qmm	σ_Z kg/qmm	Dehnbarkeit δ_5 %	δ_{10} %	Querschnittsverminderung q %	σ_S/σ_B	Z
Reihe IV a	—	—	5,3	—	—	22,8	—	—	47,4	58	0,233	2,03
D 39	300	148	—	6,4	23,1	22,8	18,7	57,4	47,5	61	0,277	1,72
D 40	320	147	—	6,4	23,0	22,7	18,8	58,5	49,0	61	0,279	1,76
D 42	350	148	—	5,2	21,7	22,5	18,4	54,5	45,9	64	0,240	1,92
D 41	375	148	—	5,5	22,4	22,2	18,1	56,1	47,8	58	0,245	1,95
D 43	400	148	—	6,0	22,7	22,5	18,6	54,5	46,8	63	0,264	1,78
D 44	450	148	—	5,7	23,0	22,5	19,2	58,1	49,3	61	0,248	1,99
D 45	500	148	—	4,9	21,7	22,4	18,4	56,1	47,0	62	0,226	2,07
D 46	550	148	—	4,9	22,1	22,4	18,7	53,5	48,4	61	0,221	2,18

nehmender Erwärmung um ein Geringes zu sinken und demgemäß verändern sich die Werthe σ_S/σ_B und Z um ein Geringes.

Z wächst sehr regelmäßig, überschreitet aber kaum den Werth im Ursprungszustand (Reihe a).

War also das Kupferblech durch vorheriges Glühen bei höheren Wärmegraden bereits weich gemacht, wie das bei den geprüften Blechen bereits gleich nach der Herstellung geschehen ist,

so hat die nachfolgende Erhitzung auf einen geringeren Wärmegrad (bis zu 550 C°) wenn überhaupt, so doch nur ganz untergeordneten Einfluß auf die Festigkeitseigenschaften des Kupferbleches.

Tabelle 27. **Ergebnisse der Versuchsreihe IV.**

Reihe	σ_S kg/qmm	σ_B kg/qmm	δ_{10} %	q %	σ_S/σ_B	Z	
a	5,3	22,8	47,4	58	0,233	2,03	
g	6,7	22,5	45,9	60	0,298	1,54	Stahl in der Mitte abgesetzt. Kein Stab an dieser Stelle gerissen.
h	7,3	19,6	—	—	0,372	—	gelocht, Loch 10 mm Durchmesser.
i_1	9,8	22,2	—	—	0,442	—	10 mm Durchm. gelocht, auf 11 mm aufgerieben.
i_2	8,8	23,6	—	—	0,373	—	10 " " " " 12 " "
i_3	8,2	23,6	—	—	0,347	—	10 " " " " 12 " "
k	7,3	23,7	—	—	0,309	—	10,5 mm Loch gebohrt.
g : a	126	99	97	103	128	76	
h : a	138	86	—	—	159	—	
i_1 : a	184	97	—	—	189	—	
$\frac{1}{2}(i_2 + i_3)$: a	160	104	—	—	154	—	
k : a	138	104	—	—	132	—	
h : k	100	83	—	—	120	—	
i_1 : k	134	94	—	—	143	—	
$\frac{1}{2}(i_2 + i_3)$: k	117	100	—	—	116	—	
$i_1 : (i_2 + i_3)\frac{1}{2}$	115	94	—	—	122	—	

Aus der Reihe g Tab. 27 geht hervor, daß, entgegen der sonst mit Kupfer und anderen Materialien in der Versuchsanstalt oft beobachteten Erscheinung, die drei Kupferstäbe nicht an

den Stellen gerissen sind, an denen während der Bearbeitung vor dem letzten Schlichtspahn der Hobelstahl einen Absatz stehen ließ, wie es in Fig. 11 angedeutet ist. Die Brüche erfolgten 30, 40 und 10 mm von dieser Stelle entfernt.

Das Kaltlochen (Reihe h) der weichen Kupferbleche hat einen sehr bemerkenswerthen Einfluß, es erhöht die Streckgrenze und erniedrigt die Bruchgrenze erheblich; erhöht also den Werth σ_S/σ_B.

Durch das nachfolgende Aufreiben des durch Kaltlochen hergestellten Loches wird die schädliche Wirkung nur in geringem Maße durch Hebung von σ_B verbessert; die Streckgrenze scheint durch das Aufreiben ebenfalls erhöht zu werden.

In den gebohrten Stäben sind σ_S und σ_B und die Werthe σ_S/σ_B größer als in vollen Probestäben. Das Bohren scheint also nicht den schädlichen Einfluß zu haben, der beim Kaltlochen beobachtet wurde.

Aus allen diesen Beobachtungen geht hervor, daß das Anbringen eines Loches die Streckgrenze im weichen Kupferblech hebt, und nach Reihe k geschieht das gleiche mit der Bruchgrenze. Hiernach liegt die Vermuthung nahe, daß diese Wirkung an sich nicht durch Veränderung der Materialeigenschaften, sondern durch die Form des Probestabes bedingt ist. Aehnlich wie bei den früher besprochenen Versuchen Barbas kommt hier die kurze Versuchslänge des Stabtheiles zur Wirkung, der die eigentliche Formänderung erfährt, also das, was im Voraufgehenden die Wirkung der Einspannköpfe genannt wurde. Diese muß, wie wir sehen, die Spannungen σ_S, σ_B σ_Z und E erhöhen und die Formänderungen δ und q vermindern. Beim Kaltlochen, und vielleicht auch beim Aufreiben tritt dagegen wahrscheinlich eine Materialveränderung ein, die im ersten Falle die Bruchspannung erniedrigt, sie aber im zweiten Falle durch Verdichtung erhöht. Indessen wird es wohl nöthig sein, diese Umstände, die für den Konstrukteur von hoher praktischer Bedeutung sind, durch eingehendere Versuche über die Wirkung des Kaltlochens, Bohrens und Aufreibens oder nachfolgenden Ausglühens genauer zu studiren, wobei das Aufreiben sowohl mit stumpfen, würgenden Reibahlen, als auch mit scharfen schneidenden Werkzeugen zu geschehen hätte.

Die bisher geschilderten Versuche über den Einfluß der Bearbeitung berühren das gerade für Kupfer von ganz besonderer praktischer Bedeutung erscheinende Gebiet der Materialveränderung infolge der mechanischen Arbeitsprozesse nur ganz leicht. Es lag nahe diese Vorgänge soviel wie möglich zu beleuchten, um zu erweisen wie nothwendig und praktisch lohnend es ist, sie durch eingehendere und planmäßig angelegte Versuchsreihen besonders zu studiren. Aus diesem Grunde ließ ich über das ursprüngliche Programm hinaus noch eine Reihe von Versuchen anstellen, die hier und in den folgenden Abschnitten besprochen seien.

G. Ergebnisse mit wiederholt zerrissenen Stäben.

Durch die beim Zerreißversuch stattfindende Formänderung erfährt das Material gewissermaßen eine mechanische Bearbeitung. Nach bestehenden Anschauungen müßte hierbei das durch den Inhalt des Schaubildes aus den Spannungen σ und den hierdurch erzeugten Dehnungen ε gegebene Arbeitsvermögen des Materiales zum Theil aufgezehrt sein und das Material ein geringeres Arbeitsvermögen zeigen, wenn es zum zweiten Mal in der gleichen Richtung dem Zerreißversuch unterworfen wird. Um hierüber einigen Anhalt zu gewinnen, wurden aus zerrissenen Stäben von der Stabform e (Fig. 63) je zwei kleine Probestäbe

(Fig. 64) von der Form f neben einander entnommen. Von diesen Stäben wurde einer unverändert zerrissen und der zweite sechs Minuten lang im Bleibad bei 500 C° erhitzt und nicht in Wasser abgeschreckt.

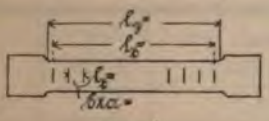


Fig. 63.

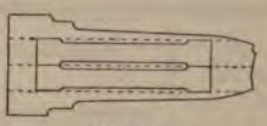


Fig. 64.

Die Ergebnisse sind in Tab. 28 bis 30 und Fig. 65 und 66 Taf. VII dargestellt.

In Fig. 65 ist der mittlere Dehnungszuwachs $\frac{\triangle \varepsilon}{\triangle \sigma}$ wiedergegeben. Die Linien sind Ausgleichlinien, die in der früher angegebenen Weise aus je drei gleichwerthigen Versuchen gewonnen sind. Die starken Linien in Gruppe A sind die Ausgleichlinien für Stabform b, Reihe V, die zum Vergleich mit dem ursprünglichen Materialzustand eingetragen sind; die schwachen Linien in Gruppe B beziehen sich auf den ungeglühten, die schwachen Linien in Gruppe A auf den ausgeglühten Zustand des zum zweiten Mal zerrissenen Materiales. Die schwachen Linien decken sich in beiden Gruppen. Aus den schwachen Linien in Gruppe B erkennt man,

daß durch das erstmalige Zerreißen und die darauf folgende etwa dreijährige (1145 bis 1168tägige) Ruhepause der Werth $\frac{\triangle \varepsilon}{\triangle \sigma}$ für alle Spannungsgrößen σ sich erheblich verkleinert hat. Aber wenn auch die Linien der Gruppe B mehr parallel zu σ-Axe verlaufen als die starken der Gruppe A, so scheint selbst bei den Stäben, deren Verhalten sie darstellen, die Proportionalität zwischen ε und σ ausgeschlossen.

Die größte Veränderung im Verlauf der Linien für $\frac{\triangle \varepsilon}{\triangle \sigma}$ zeigt das Material aus den Blechen D und E (Anlieferungszustand und in der Versuchsanstalt geglüht), während das gehämmerte Material beim zweiten Zerreißen auch nur die mit dem ursprünglich weichen Kupfer erhaltenen Ergebnisse lieferte.

Wird das durch das erstmalige Zerreißen in den gleichen Zustand übergeführte, ursprünglich weiche oder harte Kupfer sechs Minuten auf 500 C° erhitzt, so fallen die beim zweiten Zerreißen gewonnenen Linien für $\frac{\triangle \varepsilon}{\triangle \sigma}$ vollständig zwischen die beim ersten Zerreißen erhaltenen.

In Tab. 28 sind die Hauptwerthe für die Festigkeitseigenschaften im ursprünglichen Zustande (beim erstmaligen Zerreißen der Stäbe c und b erhalten) und in dem durch den ersten Zerreißversuch und darauf folgende dreijährige Ruhe veränderten Zustande (Gruppen a) sowie in dem durch hierauf folgendes Erhitzen auf 500 C° abermals veränderten Zustande (Gruppen b) gegenübergestellt.

Tab. 29 giebt durch Verhältnißzahlen bezogen auf die gleichen Werthe für die Stabform b gleich 100 einen Ueberblick über die Veränderungen, die das Material durch die Vorbehandlung erfahren hat.

Tabelle 28. Ergebnisse von Stäben der Form f, die aus den zerrissenen Stäben der Form e Reihe V entnommen und zum zweiten Mal zerrissen wurden.

(Die Erhitzungen in den Gruppen b geschahen 6 Min. auf 500 C° im Bleibad.)

Blech und Stabzeichen	Zeit zwischen erstem und zweitem Versuch	Spannungen		Dehnungen nach dem Bruch		Querschnittsverminderung	σ_S/σ_B	Z
		Streckgrenze σ_S kg/qmm	Bruchgrenze σ_B kg/qmm	δ_5 %	δ_{10} %	q %		
D. Zum ersten Mal zerrissen, Mittelwerthe Tab. 22D.								
e		7,4	23,1	61,8	50,9	53,0	0,319	1,59
b		7,3	23,1	51,4	44,8	51,1	0,319	1,41
a. Zum zweiten Mal zerrissen.								
f 4	1168	27,6	29,0	16,0	12,0	49,9	0,953	0,13
f 12	1158	26,8	27,9	16,8	8,3	38,3	0,965	0,09
f 16	1158	28,5	30,2	14,2	7,3	36,4	0,944	0,08
Mittel:		27,6	29,0	15,7	9,2	41,5	0,954	0,10
b. Zum zweiten Mal zerrissen (ausgeglüht).								
f 4		7,5	24,1	47,7	40,0	48,6	0,312	1,28
f 12		7,4	23,9	49,2	42,3	53,7	0,310	1,36
f 16		7,3	22,9	47,5	38,5	55,6	0,319	1,21
Mittel:		7,4	23,6	48,1	40,3	52,6	0,314	1,28
E. Zum ersten Mal zerrissen, Mittelwerthe Tab. 22E.								
e		7,2	22,6	62,0	51,0	53,5	0,319	1,60
b		7,2	22,4	53,6	46,0	57,3	0,325	1,41
a. Zum zweiten Mal zerrissen.								
f 12	1157	28,8	29,9	15,2	8,3	38,0	0,963	0,09
f 16	1157	26,4	27,9	10,6	5,2	41,7	0,948	0,06
f 20	1158	27,2	28,7	15,0	7,5	43,5	0,950	0,08
Mittel:		27,5	28,8	13,6	7,0	41,1	0,954	0,08
b. Zum zweiten Mal zerrissen (ausgeglüht).								
f 12		7,4	23,3	54,7	48,0	55,5	0,318	1,51
f 16		8,7	23,0	51,8	44,6	57,5	0,378	1,18
f 20		7,1	23,2	53,3	45,0	57,0	0,307	1,47
Mittel:		7,7	23,2	53,3	45,9	56,7	0,334	1,39
F. Zum ersten Mal zerrissen, Mittelwerthe Tab. 22F.								
e		19,8	23,4	49,0	38,0	50,8	0,844	0,45
b		19,4	23,5	39,6	32,6	58,0	0,821	0,39
a. Zum zweiten Mal zerrissen.								
f 4	1143	27,1	28,6	15,3	9,3	43,3	0,947	0,10
f 12	1146	28,3	28,5	18,0	11,5	43,2	0,926	0,12
f 20	1155	28,4	29,4	—	—	—	0,962	—
Mittel:		28,6	28,8	16,7	10,4	43,4	0,945	0,11
b. Zum zweiten Mal zerrissen (ausgeglüht).								
f 4		7,4	23,3	52,7	43,3	53,2	0,317	1,38
f 12		7,3	23,4	53,3	45,0	57,8	0,333	1,44
f 20		8,7	22,7	46,3	39,0	55,7	0,428	0,94
Mittel:		8,3	23,1	34,7	43,8	55,6	0,359	1,25

Tabelle 29. Vergleich der Mittelwerthe der wiederholt zerrissenen Stäbe (Stabform f) mit den bei der ersten Prüfung gefundenen (Stabform b).

Vorbehandlung: einmal zerrissen 1145 bis 1168 Tage geruht und dann	Spannungen		Dehnungen nach dem Bruch		Querschnittsverminderung	σ_S/σ_B	3
	Streckgrenze kg/qmm	Bruchgrenze kg/qmm	δ_5 %	δ_{10} %	q %		
Blech D. a) zerrissen	378	126	30	21	81	298	7
b) ausgeglüht und zerrissen	101	102	94	90	103	98	91
Blech E. a) zerrissen	382	129	25	15	72	294	6
b) ausgeglüht und zerrissen	107	101	100	100	98	103	98
Blech F. a) zerrissen	137	120	42	32	75	115	28
b) ausgeglüht und zerrissen	43	98	138	134	96	44	320

Tab. 30 enthält eine Gegenüberstellung der Ergebnisse und einen Vergleich durch Verhältnißzahlen, welcher den weichen Zustand des Materiales im Anfangszustande D und E zu Grunde legt.

Tabelle 30. Vergleich der Mittelwerthe der wiederholt zerrissenen und gehämmerten Stäbe mit den Mittelwerthen der weichen Bleche D und E.

Materialzeichen und Vorbehandlung	Spannungen		Dehnungen nach dem Bruch		Querschnittsverminderung	σ_S/σ_B	3	Verhältniß $\delta_5/\delta_{10}\cdot 100$
	Streckgrenze kg/qmm	Bruchgrenze kg/qmm	δ_5 %	δ_{10} %	q %			
1. Zum ersten Mal zerrissen, Stabform b. Blech D.	7,3	23,1	51,4	44,8	51,1	0,319	1,41	115
Blech E.	7,2	22,4	53,6	46,0	57,3	0,325	1,41	116
Mittel:	7,3	22,8	52,5	45,4	54,2	0,322	1,41	116
2. Ausgeglüht und zum zweiten Mal zerrissen, Stabform f. Blech D.	7,4	23,6	48,1	40,3	52,6	0,314	1,28	120
Blech E.	7,7	23,2	53,3	45,9	56,7	0,334	1,39	117
Blech F.	8,3	23,1	54,7	43,8	55,6	0,359	1,25	124
Mittel:	7,8	23,3	52,0	43,3	55,0	0,336	1,31	120
3. Gehämmert, zum ersten Mal zerrissen, Stabform b. Blech F.	19,4	23,5	39,6	32,6	58,0	0,321	0,39	122
4. Zum zweiten Mal zerrissen, Stabform f. Blech D.	27,6	29,0	15,7	9,2	41,5	0,954	0,10	171
Blech E.	27,5	28,8	13,6	7,0	41,1	0,954	0,08	123
Blech F.	26,6	28,2	16,7	10,4	43,3	0,945	0,11	160
Mittel:	27,2	28,7	15,3	8,9	42,0	0,951	0,10	175
Verhältnißzahlen.								
1. Zum ersten Mal zerrissen, Stabform b.	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	—
2. Ausgeglüht und zum zweiten Mal zerrissen	**107**	**102**	**99**	**95**	**101**	**104**	**93**	—
3. Gehämmert, zum ersten Mal zerrissen	**266**	**103**	**75**	**72**	**107**	**100**	**28**	—
4. Zum zweiten Mal zerrissen	**374**	**126**	**29**	**20**	**78**	**296**	**7**	—

Aus den Tab. 28 bis 30 kann man Folgendes ableiten:

Durch das erstmalige Zerreißen und darauf folgende dreijährige Ruhe wird die Streckgrenze bis auf den 3,7fachen Betrag der Streckgrenze im weichen Zustande gehoben; die Bruchgrenze erfährt durch diese

Behandlung eine Erhebung auf etwa das 1,3fache; dementsprechend ist der Werth σ_S/σ_B fast auf das 3fache gewachsen.

Die Bruchdehnung $\delta_{11,3}$ ist auf das 0,2fache gesunken und die Querschnittsverminderung auf das 0,8fache des Betrages im weichen Zustande.

Der Werth Z ist bis auf das 0,07fache des Betrages im weichen Zustande gesunken.

Durch das Erhitzen des durch den ersten Zerreißversuch in der vorbesprochenen Weise veränderten Materiales auf 500 C° wird es vollständig wieder in den weichen Zustand übergeführt.

Die Verhältnißzahlen der Reihe 2 der Tab. 30 weichen nur sehr wenig von 100 ab; am meisten weichen Streckgrenze und Bruchdehnung $\delta_{11,3}$ und demgemäß Z vom Werthe 100 ab.

Durch Kalthämmern ist das Material bei weitem nicht so stark verändert worden, als durch das Strecken beim ersten Zerreißversuch und die darauf folgende mehrjährige Ruhe. Das Kalthämmern erhob vornehmlich die Streckgrenze (1: 2,7) und veränderte die Bruchgrenze nur sehr wenig. Die Bruchdehnung ist ziemlich stark zurückgegangen; Z ist auf 0,28 seines Werthes im weichen Zustande gefallen.

Besonders beachtenswerth erscheint mir der Umstand, daß obwohl sich beim erstmaligen Zerreißen so große Unterschiede zwischen den Ergebnissen der weichen und hartgehämmerten Proben zeigten,

der Unterschied zwischen dem hartgehämmerten und weichen Kupfer beim zweitmaligen Zerreißen doch ganz verschwunden ist.

In Gruppe 4 Tab. 30 haben die Einzelwerthe für die Bleche D und E fast vollkommene Uebereinstimmung mit den Werthen der Bleche F.

Kurz zusammenfassend kann man auch nach den hier besprochenen Versuchsergebnissen aussagen:

daß die mechanische Bearbeitung weichen Kupfers eine Erhöhung der Spannungen σ_S, σ_B und E erzeugt, während das Formänderungsvermögen verringert wird.

Dieses Ergebniß kann man sehr anschaulich auch aus Fig. 66 Taf. VII entnehmen, in welcher die Schaulinien der einzelnen Versuche, dünne Linien und die Ausgleichslinien für die Stabform b (dicke Linien) einander gegenübergestellt sind.

In Tab. 30 ist auch noch ein Vergleich der Bruchdehnungen für $\delta_5/\delta_{10} \cdot 100$[1]) gegeben, der erkennen läßt, daß dieses Verhältniß sich mit der Härte des Materiales ändert.

Das Verhältniß für die Bruchdehnungen gemessen für die Maßlängen $l = 5{,}8\sqrt{f}$ und $11{,}5\sqrt{f}$ wechselt für den weichen Zustand zwischen den Werthen 115 und 124 zu 100 und wächst für den unausgeglühten Zustand beim zweitmaligen Zerreißen auf 175/100.

Man erkennt also auch hier wie praktisch nothwendig es ist, für die Dehnungsmessung ganz bestimmte einheitliche Vorschriften zu machen.

---

[1]) Oder, wenn man sie bezogen auf $\sqrt{f}$ als Einheit ausdrückt, $\delta_{5,8}/\delta_{11,5}$, da für Stabform b $\sqrt{f} = 12{,}12$ und für Stabform f: $l_t = 4$ mm; $l = 40$ und 80 mm und $f = 48$ qmm und Stabform b: $l_t = 7$ mm; $l =$ 70 und 140 mm und $f = 147$ qmm, also in beiden Fällen $l = 5{,}8$ und $11{,}5\sqrt{f}$ ist.

Die Betrachtung der zerrissenen Stäbe läßt sofort erkennen, daß bei den harten zweimal zerrissenen Stäben ein sehr beträchtlicher Theil der Stablänge fast gar nicht an der Dehnung Theil genommen hat. Die Dehnung beschränkte sich vielmehr fast ganz auf die Einschnürungsstelle, und diese liegt bei allen zum zweiten Mal zerrissenen Stäben ganz in der Nähe der einen Endmarke der Theilung; bei dem harten Stab F 20 lag der Bruch außerhalb der Endmarke, so daß die Werthe δ_5 und δ_{10} nicht ermittelt werden konnten. Die Entstehung des Bruches nahe der Endmarke wird höchst wahrscheinlich durch die Art der Entnahme der Stäbe f bedingt sein; aber leider konnte dies nicht mit Gewißheit festgestellt werden, weil versäumt wurde, die ursprüngliche Lage der Stäbe in den zum ersten Mal zerrissenen Stäben der Form e an den Proben der Form f zu bezeichnen. Man mußte, wie aus Fig. 64 S. 111 hervorgeht, die Stäbe f zum Theil in den Kopf der Stäbe e verlegen, weil man sie sonst nicht hätte proportional zur Stabform b machen können, was nach Früherem wünschenswerth war. Der Uebergang zum Kopf hat aber im Stabe e sicher nicht die gleiche Streckung beim ersten Versuch erfahren wie der in die Gebrauchslänge fallende Theil, daher darf man annehmen, daß die Stäbe f am einen Ende weicher gewesen sein werden als die anderen. Aus diesen Umständen ergiebt sich, daß es wünschenswerth ist, diese lehrreichen Versuche auf breiterer Grundlage und zwar mit verschiedenen Materialien fortzusetzen.

Die hier beschriebenen Versuche haben eine sehr gute Bestätigung der in einem früheren Abschnitt besprochenen Bauschingerschen Gesetze über die Veränderung des Materialzustandes durch voraufgegangene Anspannungen über die Streckgrenze gegeben; sie erweisen auch, daß beim zweiten Zerreißen des durch mechanische Bearbeitung hartgewordenen Materiales die Formänderungsarbeit kleiner, der Völligkeitsgrad größer wird. (Vergl. Fig. 66 Taf. VII.)

Ganz besonders aber lassen die Versuchsergebnisse den Werth der vielfach ausgesprochenen Forderung hervortreten, die Materialqualität immer nur in einem bestimmten Normalzustande des Materiales (beim Kupfer und Eisen im ausgeglühten Zustande) festzustellen, so daß der Einfluß der mechanischen Bearbeitung entfällt oder aber auf ein bestimmtes (höchstes) Maß gebracht wird.

In Fällen, in denen es ausreicht die Eigenschaften des Materiales im Anlieferungs- oder Verwendungszustande kennen zu lernen, sollte man dennoch den Grad des Einflusses der angewendeten mechanischen Bearbeitung durch Prüfung des Materiales im Normalzustande feststellen, da man nur auf diese Weise ein klares Bild über den wahren Charakter eines Materiales bekommen kann. Ganz besonders scheint dies aber wünschenswerth in den Fällen, wo das durch mechanische Bearbeitung hart gewordene Material, später oft wiederholter oder andauernder Erhitzung auf mehr als 200 C° oder aber oft wiederkehrenden starken Erschütterungen ausgesetzt ist[1]). Die Werthe σ_S/σ_B und Z können wohl einen Anhalt dafür geben, ob und in welchem Maße das Kupfer mechanisch bearbeitet oder früher bereits gestreckt war, aber so lange nicht erwiesen ist, daß geringe

[1]) Die Wirkung von Erschütterungen giebt sich nach Versuchen von Bauschinger darin zu erkennen, daß die durch voraufgehendes Strecken und darauf folgende Ruhe gehobene P- und S-Grenze durch die Erschütterung wieder erniedrigt werden kann. Ueber das Maß dieses Einflusses bei Kupfer müßten indessen wohl weitere Versuche angestellt werden.

Veränderungen der chemischen Zusammensetzung keinen ähnlichen Einfluß auf diese Werthe ausüben, wie die mechanische Bearbeitung, können sie keinen unbedingt zuverlässigen Maßstab liefern.

II. Die Festigkeit des Kupfers im erhitzten Zustande und der Einfluß fremder Beimengungen.

Von hoher praktischer Bedeutung ist es, die Veränderungen kennen zu lernen, welche Kupfer mit der Erhöhung seines Wärmezustandes erfährt. Die Versuchsanstalt hatte in Folge eines sehr umfangreichen Auftrages durch die Kaiserliche Werft in Wilhelmshaven Gelegenheit sich mit umfangreichen Untersuchungen über die Wirkung der Wärme auf die Festigkeitseigenschaften einer großen Reihe von Metallen zu befassen. Ueber den Ausfall dieser Versuche wird mit Zustimmung der Auftraggeberin der stellvertretende Vorsteher, Herr Rudeloff, in einem der letzten Hefte dieses Jahrganges der „Mittheilungen aus den technischen Versuchsanstalten" berichten. Ist inzwischen geschehen (vgl. 1893 S. 292). Hier seien vorläufig die mit Kupfer erzielten Ergebnisse besprochen.

Das Versuchsmaterial war von der Kaiserlichen Werft in Wilhelmshaven eingesendet, seine Herkunft und Vorbehandlung ist der Versuchsanstalt nicht bekannt gegeben. Zur Prüfung wurden Stäbe von etwa 10 mm Durchmesser und 100 mm Länge des cylindrischen Theiles benutzt; die Länge der Theilung betrug 90 mm. Die Erwärmung erfolgte bis zu 300 C° in Dämpfen verschiedener Körper, bei 400 C° im Metallbad. Im Uebrigen muß wegen der Versuchsausführung auf den ausführlichen Bericht verwiesen werden. Die Ergebnisse sind in Tab. 31 zusammengestellt und aus dieser Zusammenstellung ist Fig. 67 Taf. VII entworfen.

Tabelle 31. **Festigkeitseigenschaften des erhitzten Kupfers.**

Proben Nr.	Geprüft bei t=C°	Stabquerschnitt f=qmm	Spannungen in kg/qmm				Dehnungen		Querschnittsverminderung q %	σ_S/σ_B	3_m
			Proportgrenze σ_P	Streckgrenze σ_S	Bruchgrenze σ_B	Elasticitätsmodul σ_E	δ_6 %	δ für l=90 mm %			
31	Zimmerwärme	74	4,1	27,1	29,4	12300	15,7	12,8	55,1	0,923	0,14
36		79	—	26,8	28,7	—	19,3	15,4	52,4	0,932	0,17
41		79	2,6	26,8	29,3	11700	18,7	16,6	56,4	0,915	0,18
	Mittel:		(3,4)	26,9	29,1	(12000)	17,9	14,9	54,6	0,923	0,16
32	100	79	3,8	25,5	27,7	13900	12,0	8,4	55,1	0,921	0,91
37		79	3,8	25,5	27,7	13900	11,3	8,0	55,1	0,921	0,87
42		79	5,1	25,5	27,4	12500	12,1	8,1	59,0	0,930	0,87
	Mittel:		4,2	25,5	27,6	13430	11,8	8,2	56,4	0,924	0,88
33	200	79	7,6	21,7	24,5	10980	10,7	8,5	53,8	0,883	0,96
38		79	7,6	21,7	24,5	10980	11,1	7,7	52,4	0,883	0,87
43		79	6,4	21,7	23,9	11170	10,9	7,3	51,0	0,910	0,80
	Mittel:		7,2	21,7	24,3	11040	10,9	7,8	52,4	0,892	0,88
34	298	77	—	16,9	21,1	—	11,6	9,6	39,5	0,803	1,19
39	294	79	—	14,0	20,7	—	15,1	11,6	46,6	0,680	1,71
44	298	79	—	14,0	20,7	—	13,8	10,8	43,7	0,680	1,59
	Mittel:		—	15,0	20,8	—	13,5	10,7	43,3	0,688	1,50
35	400	79	—	10,8	16,9	—	5,8	4,5	9,7	0,640	0,70
40		77	—	5,2	11,7	—	12,4	10,7	13,6	0,443	2,43
45		77	—	8,4	14,3	—	7,4	4,9	6,0	0,587	0,84
	Mittel:		—	8,1	14,3	—	8,5	6,7	9,8	0,557	1,32

Aus Tab. 31 geht hervor, daß man es mit einem mechanisch stark bearbeiteten Kupfer thun hat, denn bei Zimmerwärme geprüft, hat es bei hoher Festigkeit σ_B eine hohe Lage σ_S und σ_S/σ_B ist $= 0{,}923$ bei $Z = 0{,}16$.

Aus Fig. 67 läßt sich Folgendes ableiten:

> Beim mechanisch stark bearbeiteten (harten) Kupfer nimmt die Festigkeit σ_B und die Streckgrenze σ_S mit wachsender Wärme des Materiales stark ab; die Proportionalitätsgrenze[1]) nimmt bis etwas über 200 C° zu, um dann schnell bis auf Null (bei 300 C°) abzufallen. Der Elasticitätsmodul E hat bei 100 C° seinen höchsten Werth und fällt von hier ab sehr schnell; die Dehnbarkeit δ nimmt anfangs bis zu etwa 170 C° ab und steigt dann etwas wieder an, um von etwa 300 C° zum zweiten Mal zu fallen. Die Querschnittsverminderung q nimmt mit wachsender Wärme sehr stark ab und ebenso der Werth σ_S/σ_B, während Z bei etwa 300 C° ein Maximum hat und von hier aus energisch zu fallen scheint.

Besonders auffallend ist das Verhalten bei 400 C° während zwei Werthe von Z sich 0,70 und 0,84 ergeben, zeigt der Stab 40 einen solchen von 2,43. Bei 400 C° erweisen zwei Stäbe als wenig fest und wenig dehnbar, während Stab 40 bei noch geringerer tigkeit ziemlich dehnbar bleibt. Nach den Festigkeitsversuchen darf man erwarten, daß sich hier untersuchte Kupfer bei 400 C° ziemlich schlecht bearbeiten lassen wird, daß es also einen ähnlichen Zustand übergeht, wie das Eisen im sogenannten blauwarmen Zustande[2]). ß die vorliegende Versuchsreihe die Eigenschaften erhitzten Kupfers bei weitem nicht erpfend darstellt und ganz besonders nicht das praktisch Wissenswerthe im ganzen Umfange Anschauung bringt, erkennt man leicht, wenn man bedenkt, wie bildsam Kupfer in er-

[1]) Die Proportionalitätsgrenze wurde bei diesen Versuchen allein auf Grund der ermittelten Zahlen der tokolle festgestellt und auf jene Belastungsstufe verlegt, bis zu welcher die Zahlen dem Bearbeiter der Versuchsbnisse hinreichend konstant erschienen. Trägt man indessen, ähnlich wie es in diesem Berichte früher bereits ehen, den Dehnungszuwachs $\frac{\Delta\varepsilon}{\Delta\sigma}$ zeichnerisch auf, so erkennt man auch aus diesen Versuchsreihen, daß eine vollmene Proportionalität auch hier nicht sehr wahrscheinlich ist. In der That ist die gefundene Proportionalitätsze von dem Berechner der Ergebnisse auch auf einen sehr niedrigen Punkt gelegt worden.

[2]) Da meine eigenen Erfahrungen über das Verhalten des Kupfers beim Schmieden zu gering waren und auf Grund der wenigen vorliegenden Versuche keinen allgemeinen Schluß auf die Eigenschaften des Kupfers in Wärme ziehen mochte, so theilte ich nach Niederschrift meiner Schlußfolgerungen aus den vorliegenden Ergebn meine Vermuthungen einem hervorragenden Fabrikanten mit. Der Schriftwechsel ergab Folgendes:

„Die Versuchsanstalt hat vor einiger Zeit Versuche mit Kupfer im erhitzten Zustande angestellt. Hierbei en sich für 400 C° einige auffallende Erscheinungen gezeigt. Während bei Zimmerwärme die Streckgrenze σ_S Mittel 26,9 und die Bruchgrenze $\sigma_B = 29{,}1$ kg/qmm, die Dehnbarkeit $\delta = 14{,}9$ und die Querschnittsverminung $q = 55\,\%$ betrug, waren bei 400 C° geprüft,

	a.	b.	c.	
$\sigma_S =$	10,8;	5,2 und	8,4	Mittel 8,1 kg/qmm,
$\sigma_B =$	16,9;	11,7 „	14,3	„ 14,3 „
$\delta =$	4,5;	10,7 „	4,9	„ 6,7 %
$q =$	9,7;	13,6 „	6,0	„ 9,8 „

Die Stäbe a und c zeigen somit einen ganz anderen Charakter als b, obwohl alle drei aus gleichem terial stammen. Die Versuchsanstalt vermuthet, daß sich Kupfer in gewissen Wärmegraden erheblich schlechter nieden und walzen läßt als in niedrigen oder hohen. Sie mag indessen eine solche Schlußfolgerung nicht ausehen, ohne sich die Ueberzeugung verschafft zu haben, daß die praktischen Erfahrungen im Einklang mit den

hitztem Zustande und in welchem Grade es sich bei höheren Wärmegraden schmieden läßt. Ein Material aber, bei dem δ und q so stark abfällt, wie es beim vorliegenden Kupfer bei 400 C° der Fall ist, kann diese Eigenschaften nicht wohl entwickeln. Uebrigens erscheint es nicht ausgeschlossen, daß δ und q bei Erhitzungen über 400 C° hinaus bei dem hier geprüften Kupfer wieder ansteigen, ähnlich wie dies für Eisen nachgewiesen wurde[1]).

Daher erscheint es außerordentlich wichtig, daß die Versuche über das Verhalten des Kupfers im erhitzten Zustande später fortgesetzt werden und daß ganz besonders festgestellt wird, ob weiches und hartes Kupfer ein verschiedenes Verhalten zeigen und welchen Einfluß geringe Verunreinigungen haben.

Bei der geringen Kenntniß, die wir im Allgemeinen von den Festigkeitseigenschaften der Metalle in der Wärme haben, ist es von Interesse, hier auch noch die Ergebnisse anderer Forscher über das Verhalten von Kupfer mitzutheilen.

In Fig. 68 Taf. VII sind die Ergebnisse folgender Versuche eingetragen:

Linie 1 stark ausgezogen: Kommission des Franklin-Instituts 1832—37
nach Thurston »Mat. of Eng.« 1884 S. 477.

" 2 fein punktirt: Versuche von Unwin
nach Unwin: »Testing of Materials« 1888 S. 350.

" 3 kurz gestrichelt: Versuchsanstalt „Mittheilungen" 1893 S. 292.

" 4 fein ausgezogen: Parker »Engng.« 1887 II S. 646.

" 5—7 fein ausgezogen: in der „Ztschr. d. Ing." 1889 S. 179 nach »Engng.« 1888 II S. 126.
5 = gewalzt; 6 = gezogen; 7 = elektrolytisch.

" 8 lang gestrichelt: „Unwin".

Versuchsergebnissen sind und würde Ihnen daher zu großem Dank verpflichtet sein, wenn Sie Ihre Erfahrungen über diesen Punkt kurz mittheilen könnten."

„„Die hohe Streck- bezw. Bruchfestigkeit und die geringe Dehnung des fraglichen Materials lassen es sehr zweifelhaft erscheinen, ob dasselbe überhaupt Kupfer handelsüblicher Qualität ist, vielmehr scheint die Annahme gerechtfertigt, daß ein sehr unreines, also schlechtes Kupfer oder eine beabsichtigte kupferreiche Legirung vorliegt, hierüber kann nur eine chemische Analyse Aufschluß geben. — Sollte das fragliche Material thatsächlich Kupfer handelsüblicher Qualität, d. h. bezüglich chemischer Zusammensetzung sein, so ist anzunehmen, daß es die gegen weiches Kupfer so veränderten Eigenschaften durch Walzen, Hämmern oder Ziehen im kalten Zustande erlangt hat. Dies vorausgesetzt, ist die Verschiedenheit des Verhaltens der einzelnen Proben bei höherer Temperatur wohl erklärlich, da hierbei die Zeitdauer des Erhitzens von sehr wesentlichem Einfluß auf die Zerreißresultate sein dürfte. Ihre Vermuthung, daß sich Kupfer in gewissen Wärmegraden erheblich schlechter schmieden und walzen läßt, als in niederen oder hohen, trifft meinen Erfahrungen zufolge nicht zu, insofern es sich hierbei um ein einfaches Dichten bezw. Ausdehnen in der Längs- bezw. Breitenrichtung ohne gleichzeitiges Biegen oder Stauchen nach anderer Richtung handelt. Die Biege- bezw. Stauch- oder Reckfähigkeit ist dagegen unter Umständen sehr wohl in gewissen Wärmegraden in obigem Sinne verstanden, eine wesentlich schlechtere, hängt aber sehr viel von der chemischen Zusammensetzung des Materials ab, und das Probematerial kann m. E. keinesfalls ohne Weiteres nach dem Verhalten der Zerreißproben in verschieden hohen Temperaturgraden bewerthet werden. — Sollten Sie geneigt sein, umfangreichere Untersuchungen über das Verhalten von Kupfermaterial bei höherer Temperatur anzustellen, so bin ich gern bereit, Ihnen geeignetes Material in den verschiedensten Qualitäten kostenlos zur Verfügung zu stellen, unter der Bedingung, daß Sie mir die erlangten Resultate mittheilen und das Probematerial, soweit es nicht durch die Versuche verbraucht wird, wieder zustellen.""

Auch aus diesem Briefwechsel geht hervor, wie wichtig eine Fortsetzung der Versuche sein wird, und man muß daher das Anerbieten des Fabrikanten mit Freude begrüßen.

[1]) Vergl. „Mittheilungen" 1890. S. 159 u. f.

Alle Versuche zeigen übereinstimmend die starke Abnahme der Festigkeit des Kupfers mit wachsender Erhitzung; die Linienzüge nähern sich alle demjenigen Zuge, welcher bereits um 1832—37 vom Franklin-Institut gefunden wurde. Selbst die sehr wahrscheinlich durch mechanische Bearbeitung hart gemachten Kupferproben (Linien 3, 6, 7 u. 8) erreichen sehr bald diese Linie, so daß die Vorzüge der größeren Festigkeit des hart gewalzten Kupfers, wie es scheint, schon bei etwa 350 bis 400 C ° verschwinden. Aber alle diese Versuchsergebnisse sind nicht im Stande, uns einen klaren Einblick in die Gesetze zu verschaffen, nach denen der Einfluß der Erwärmung auf die Festigkeitseigenschaften des Kupfers verläuft. Die meisten von ihnen geben keinen Anhalt für die für den Konstrukteur wichtige Veränderung der Streckgrenze und der Formänderungsfähigkeit des Materiales. Auch hier könnte man eine sehr wesentliche Lücke in unserer Kenntniß ausfüllen, wenn die Möglichkeit gegeben würde, Versuche an einheitlichem Material auf breiter Grundlage auszuführen.

Ich will hier nochmals auf die große Wichtigkeit der Ausführung von Dauerversuchen mit Kupfer im erhitzten Zustande verweisen. Erst die Ergebnisse solcher Versuche können uns zuverlässigen Anhalt für die Größe der zulässigen Inanspruchnahme von Kupfer in stark beanspruchten Kochgefäßen liefern.

Zum Schluß gebe ich noch in etwas veränderter Zusammenstellung die Ergebnisse von englischen Versuchen, über welche Rudeloff in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure berichtete. Die Tab. 32 wird aus sich selbst und aus den Erörterungen des Berichterstatters[1]) verständlich sein, so daß es genügen wird, wenn ich darauf aufmerksam mache, daß die fettgedruckten Verhältnißzahlen den Einfluß der Erhitzung in jeder Gruppe anzeigen.

Nach Abschluß der in diesem Bericht besprochenen Versuche mit Kupfer ist im Engineering 1893 I S. 629 der Bericht einer englischen Kommission der Society of Mechanical Engineers durch Prof. Roberts-Austen veröffentlicht worden, welcher werthvolle Versuchsergebnisse mit sehr reinem Kupfer enthält, daß unter besonderen Vorsichtsmaßregeln, besonders unter Ausschluß des Luftzutritts eingeschmolzen und gegossen wurde. Da diese Versuche die Festigkeitseigenschaften von Kupfer bei verschiedenen Wärmegraden sowie die Veränderungen der Eigenschaften in Folge der mechanischen Bearbeitung und der verschiedenen chemischen Zusammensetzung behandeln, so gebe ich in Tab. 32a eine übersichtliche Zusammenstellung, nach der die Fig. 69 Taf. VIII entworfen worden ist. Auf den übrigen außerordentlich interessanten Inhalt des Berichtes von Roberts-Austen möchte ich hier nicht eingehen. Wer sich dafür interessirt, wird ohnehin das Original und die Verhandlungen über den Bericht vor dem englischen Verein der Mechanical Engineers (Engng. 1893 I S. 607) einsehen wollen; einen Auszug wird demnächst Rudeloff in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure bringen. Aus den Linien in Fig. 69 geht der Einfluß des Wärmezustandes und des Arsens auf die Festigkeit sehr klar und deutlich hervor. Mit dem Arsengehalt nimmt die Festigkeit sowohl des gegossenen unbearbeiteten Kupfers als auch des bearbeiteten Kupfers zu. Der Einfluß auf die Dehnbarkeit und Querschnittsverminderung ist nicht mit gleicher Bestimmtheit zu erkennen; aber aus allen Liniengruppen ergiebt sich doch deutlich die schnelle Abnahme der Dehnbarkeit δ_n und der Querschnittsverminderung q mit wachsender Wärme und mit der mechanischen Bearbeitung.

[1]) „Zeitschr. d. Ver. d. Ing." 1889 S. 118.

Tabelle 32. Versuche von Sinclair über den Einfluß der Wärme auf die Festigkeit von ungelöthetem und gelöthetem Kupfer.

(Rudeloffs Bericht nach englischen Quellen in Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 1889, S. 118.)

Zahl der Versuche	Zustand der Probe	Versuchswärme t C°	Dicke Breite a/b	Querschnitt f qmm	$\sqrt{f}$	Streckgrenze σ_S kg/qmm	Bruchgrenze σ_B kg/qmm	Dehnung δ %	Meßlänge l m/m	Meßlänge $l/\sqrt{f}=n$	Querschnittsverminderung q %	σ_S/σ_B	$\mathfrak{Z}_n$	Bruchbeschreibung
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I. Gerade nach dem gewöhnlichen Verfahren gelöthete Kupferbleche.														
a) 2	ohne	12,8	1/4	161	12,7	—	23,1	24,2	136,5	10,7	35,0			seidenartig. Bruch innerhalb Gebrauchslänge.
b) 2	Löthnaht	188	1/4	161	12,7	—	18,4	19,2	136,5	10,7	32,4			" " " "
Einfl. d. Wärme	b/a . 100	188					**80**	**80**			**92**			
c) 2	quer	12,8	1/6,8	275	16,6	—	17,2	5,9	76,2	4,6	—			innerhalb der Ueberlappung theils im Loth gerissen; körnig, rissig.
d) 2	zur	65,5	1/7,3	271	16,5	—	17,8	5,9	76,2	4,6	(43,2)			Stab 1 wie bei c. Stab 2 am äuß. Rande d. Löthstelle; 1) seidig, theils körnig. 2) körnig.
e) 2	Löth-	165,6	1/7,0	283	16,8	—	12,6	[4,0]	[76,2]	4,5	(14,8)			1) am Innenrand d. Löthstelle, th. seidig, th. körnig. 2) in Ueberlappung th. im Loth rissig.
f) 2	naht	188	1/6,9	279	16,7	—	14,1	[5,7]	[76,2]	4,6	(38,6)			1) in Löthung, Loth riß ab u. rollt sich auf. 2) am Außenrand der Löthung körnig.
Einfluß	d/c . 100	65,5					**103**	**100**			—			
der	e/c . 100	165,6					**73**	[**68**]			—			
Wärme	f/c . 100	188					**82**	[**97**]			—			
II. Gerades gelöthetes Kupferrohr.														
a) 2	ohne	12,8	1/2,7	242	15,6	—	22,3	20,6	63,5	4,1	29,3			innerhalb Gebrauchslänge seidenartig.
b) 2	Löthnaht	188	1/2,7	242	15,6	—	18,1	19,4	63,5	4,1	32,2			" " 1) körnig, 2) theils seidig, theils körnig.
Einfl. d. Wärme	a/b . 100	188					**81**	**92**			**110**			
c) 2	quer	12,8	1/4,1	476	21,8	—	18,1	12,3	76,2	3,5	20,9			1) außerh. Löthstelle nahe d. Innenr., seidenart. 2) innerh. Ueberlapp. nahe Innenr. körnig.
d) 1	zur	65,6	1/4,6	448	21,2	—	17,6	10,7	76,2	3,6	12,1			in Ueberlappung, nahe Innenrand, theils seidig, theils körnig.
e) 2	Löth-	165,6	1/4,3	454	21,3	—	15,3	11,2	76,2	3,6	18,0			1) am Innenrand. 2) am Außenrand der Löthstelle, 1 u. 2 seidenartig.
f) 2	nath	188	1/4,4	453	21,3	—	16,0	14,1	76,2	3,6	32,9			1) außerh. Löthstelle neben Innenrand. 2) am Außenr. d. Löthstelle 1 u. 2 seidig u. körnig.
Einfluß	d/c . 100	65,6					**97**	**87**			**58**			
der	e/c . 100	165,6					**85**	**91**			**86**			
Wärme	f/c . 100	188					**88**	**115**			**157**			
III. Gelöthetes Knierohr. A. am Flansch entnommen und kalt aufgerollt.														
a) 3	Längs-	12,8	1/4,2	157	12,5	13,5	24,2	42,4	50,8	4,1	39,0	0,559	0,76	seidig.
b) 1	faser	193	1/4,2	160	12,6	13,4	18,1	32,0	50,8	4,1	31,6	0,740	0,43	seidig und körnig.
c) 1	ohne	199	1/4,2	157	12,5	13,6	18,2	29,0	50,8	4,1	51,2	0,748	0,39	seidig.
d) 1	Löhtnaht	210	1/4,2	155	12,4	10,2	18,2	30,0	50,8	4,1	45,6	0,561	0,54	seidig.
Einfluß der Wärme	$\frac{b+c}{2}$/a . 100	(196)				**100**	**75**	**72**			**106**	**133**	**54**	
	d/a . 100	210				**76**	**75**	**71**			**117**	**101**	**71**	
c) 2	Querfaser	12,8	1/6,4	230	15,2	—	17,8	8,4	81,5	5,4	13,4			1) in Ueberlappung theils im Loth, seidig u. körnig. 2) Außenrand der Löthstelle körnig; nicht im kleinsten Querschnitt.
f) 1	mit	191	1/4,4	339	15,5	—	15,6	10,2	57,2	3,7	16,2			Außenrand der Löthstelle körnig.
g) 1	Löthnath	199	1/4,4	339	15,5	—	13,6	5,8	57,2	3,7	—			in Löthstelle, Loth riß ab und rollte sich auf.

Einfl. d. Wärme	b/a . 100	199				**95**	**78**	**97**			**97**	**121**	**80**	
c) 2	Querfaser ohne Löthnaht	12,8	1/4,2	158	12,7	11,8	24,0	41,3	50,8	4,0	44,5	0,492	0,83	seidig.
d) 2		199	1/4,2	158	12,7	9,8	18,4	30,0	50,8	4,0	47,6	0,533	0,56	seidig.
Einfl. d. Wärme	d/c . 100	199				**83**	**77**	**73**			**107**	**109**	**68**	
e) 3	Querfaser mit Löthnaht	12,8	1/6,2	238	15,4	—	19,0	13,3	83,6	5,4	14,6			Außenrand der Löthstelle seidig und körnig, nicht im kleinsten Querschnitt.
f) 3		199	1/6,2	243	15,6	—	16,9	16,0	57,2	3,7	31,7			1 u. 2 weit außerhalb Löthstelle. 3) am Innenrand der Löthstelle. 1—3 körnig.
		199					**84**	**(120)**[a]			**215**			a) wegen n = 5,4 und 3,7 nicht vergleichbar.

C. Warm aufgerollt und sorgfältig gerichtet.

a) 3	Längsfaser ohne Löthnaht	12,8	1/4,3	156	12,5	14,4	24,5	38,0	50,8	4,1	43,6	0,591	0,64	seidig.
b) 3		199	1/4,4	154	12,4	15,8	19,5	27,5	50,8	4,1	47,8	0,810	0,34	seidig.
Einfl. d. Wärme	b/a . 100	199				**110**	**80**	**72**			**109**	**137**	**53**	
c) 3	Querfaser mit Löthnaht	12,8	1/7,6	197	14,0	—	23,6	10,1	85,7	6,1	31,8			Innenrand der Löthstelle. 1) seidig und körnig. 2) u. 3) körnig.
d) 1		199	1/6,8	215	14,7	—	19,1	5,9	85,7	6,1	37,8			Innenrand der Löthstelle körnig.
Einfl. d. Wärme	d/c . 100	199					**81**	**58**			**119**			

D. An der gebogenen Stelle entnommen, warm aufgerollt und sorgfältig gerichtet.

a) 3	Längsfaser ohne Löthnaht	12,8	1/4,4	149	12,2	17,2	23,0	34,7	50,8	4,2	42,2	0,749	0,46	seidig.
b) 2		199	1/4,5	147	12,1	13,3	19,5	35,3	50,8	4,2	45,4	0,684	0,52	seidig.
c) 1		207	1/4,3	154	12,4	12,4	18,6	41,5	50,8	4,1	52,6	0,666	0,62	seidig.
Einfluß der Wärme	b/a . 100	199				**78**	**85**	**102**			**108**	**91**	**113**	
	c/a . 100	207				**72**	**81**	**120**			**124**	**89**	**135**	
d) 2	Querfaser mit Löthnaht	12,8	1/9,5	153	12,4	—	20,6	(21,1)[a]	47,0	3,8	30,2			Innenrand der Löthstelle seidig. 1) Innenrand. 2) außerh. d. Löthstelle 1) u. 2) körnig. a) die beiden anderen Proben gaben 0,1 / 0,2 } 1 nicht angegeben.
e) 2		199	1/10,3	141	11,9	—	18,9	(11,3)[a]	55,6	4,7	28,6			b) wegen n = 3,8 und 4,7 nicht vergleichbar.
Einfl. d. Wärme	e/d . 100	199					**92**	**(54)**[b]			**95**			

E. Warm aufgerollt, aber nicht sorgfältig gerichtet.

a) 3	Längsfaser ohne Löthnaht	12,8	1/4,3	158	12,6	12,8	23,1	41,2	50,8	4,0	42,6	0,554	0,75	seidig.
b) 3		199	1/4,3	156	12,5	12,3	18,9	23,4	50,8	4,1	45,3	0,653	0,36	seidig und körnig.
Einfl. d. Wärme	b/a . 100	199				**96**	**82**	**57**			**106**	**118**	**48**	
c) 2	Querfaser mit Löthnaht	12,8	1/8,4	175	13,2	—	21,4	(4,7)	85,7	6,5	—			1) Außenrand. 2) Innenrand der Löthstelle. 1) u. 2) seidig.
d) 2		199	1/7,8	188	13,7	—	14,2	—	—	—	—			In der Ueberlappung theils im Loth seidig.
Einfl. d. Wärme	d/c . 100	199					66	—			—			

IV. Gelöthetes Kupferblech. Einfluß der Ueberhitzung.

A. aus den ungelötheten Blechen.

a) 2	Längsfaser		1/2,3	156	12,5	15,3	26,2	43,0	95	7,6	54,7	0,586	0,74	seidig bis feinkörnig.
b) 2	Querfaser		1/2,3	158	12,6	10,7	25,8	33,2	95	7,6	44,6	0,415	0,80	seidig bis feinkörnig.
Einfl. d. Wärme	b/a . 100					70	99	78			82	71	108	

B. aus den gelötheten Blechen.

c) 2	ohne Löthstelle		1/4,0	163	12,8	14,2	25,1	43,8	50,8	4,0	—	0,568	0,77	seidig bis feinkörnig.
d) 2	quer zur Löthstelle		1/6,8	213	14,6	—	18,2	7,0	118	8,1	—	—	—	Ueberlappung. 1) Außenrand. 2) Innenrand.
							73	16			—	—	—	

Tabelle 32a. Versuche über die Festigkeitseigenschaften von Kupfer. Roberts-Austen.

Nr.	Wärme t C°	Abmessungen Dmr d-m/m	Abmessungen l=101,6 $\sqrt{f=a}$	Bruch Spannung σ_B kg/qmm	Bruch Dehnung δ_n %	Querschnittsverminderung q %	Fremde Beimengungen	Bemerkungen
22	11	5,3	21,5	21,2	37	39	von großer Reinheit	Elektrolytisch gewonnen gehämmert,
23	15	5,0	23,0	20,8	27	57		und langsam erkaltet. — Ausgangs
24	100	5,2	22,0	21,6	30	14		für die Untersuchung. Sehniger
25	102	5,3	21,5	20,0	30	41		bei höherer Wärme in körnigen Bru
26	151	5,3	21,5	21,1	23	32		gehend.
27	218	4,8	23,7	20,4	25	52		
28	249	5,3	21,5	19,1	37	42		
29	325	4,8	23,7	17,8	21	46		
30	370	5,0	23,0	14,8	20	45		
31	401	4,8	23,7	14,7	15	30		
32	470	4,6	24,3	15,1	—	6		
33	18	5,7	20,2	22,1	30	28	0,2% Arsen	wie bei 22—32.
34	106	5,3	21,5	21,6	30	42		
35	144	5,1	22,5	21,6	21	31		
36	249	5,2	22,0	20,2	30	43		
49	18	5,5	20,7	23,4	37	55	0,5% Arsen	alle Proben aus der gleichen Schmel
50	100	5,2	22,0	(21,6)	(30)	—	alle zusammen gegossen	fältig bearbeitet und ausgeglüht.
51	170	5,4	21,3	(20,5)	(35)	52		
52	170	5,5	20,7	22,4	30	62		
53	258	5,4	21,3	21,0	23	57		
54	340	5,2	22,0	18,9	—	—		
55	446	5,2	22,0	14,0	13	16		
39	15	6,1	18,8	18,5	20	30	1,5% Arsen	unbearbeitet roh. Bruch fein sehnig
40	18	5,7	20,2	17,8	25—50	26		drawn) bei niedriger Wärme, gr
41	116	5,4	21,3	16,4	26	—		bei hoher Wärme und matter in d
42	215	5,8	19,8	13,6	37	28		als reines Kupfer.
43	260	5,8	19,8	12,8	—	49		
44	308	5,8	19,8	10,5	0	0		
1	20	5,9	19,4	17,4	20	18	1,2% Arsen	unbearbeitet roh; Bruch wie bei Nr.
2	130	5,6	20,4	14,3	16,6	14		
3	224	5,7	20,2	11,5	15	25		
4	266	6,1	18,8	10,0	4	8		
5	346	5,8	19,8	10,4	10	21		
37	18	6,3	18,2	13,0	20	19	sehr rein	unbearbeitet roh.
38	18	6,1	18,8	13,8	35	15		" "
14	18	6,3	18,2	12,9	20	20	rein	unbearbeitet roh.
15	18	6,3	18,2	17,2	7	40	gleichzeitig aus demselben	gehämmert, geglüht und abgeschreckt
16	18	6,1	16,6	22,2	21—33	28	Tiegel gegossen	" " " langsam e
17	18	6,3	18,8	15,1	30—40	35	0,2% Arsen, gleichzeitig	unbearbeitet roh.
18	18	6,3	20,2	21,1	30	27	aus demselben Tiegel	gehämmert, geglüht und abgeschreckt
19	18	6,9	20,7	21,4	20	29	gegossen	" " " langsam e
20	18	6,1	18,8	13,8	35	15	rein, gleichzeitig aus dem-	unbearbeitet roh.
21	18	6,0	19,1	14,4	21—42	47	selben Tiegel gegossen	abwechselnd dreimal erhitzt und abg
45	15	5,4	21,3	15,0	13,6	20	0,2% Tellur	Angaben fehlen.
46	15	5,5	20,7	16,2	—	42		
47	15	6,3	18,2	12,0	13	13	0,05% Kalium	unbearbeitet roh.
48	15	5,7	20,2	16,2	11	23		gewalzt und ausgeglüht.

Wenn auch die soeben besprochenen englischen Versuche mit großem Aufwand von Scharfsinn ausgeführt worden sind, so leiden sie doch an dem Mangel, daß sie zu wenig zahlreich waren und nicht auf gehörig breiter Grundlage ausgeführt wurden. Sie deuten die Gesetzmäßigkeit über den Einfluß des Arsens wohl an, aber eine Feststellung über dessen Größe (die Verzeichnung der das Gesetz darstellenden Fläche) gestatten sie nicht. Ueber den Einfluß des Phosphors auf die Festigkeit des Kupfers theilt R. H. Thurston in seinem Werke, Materials of Engineering 1884 S. 271 folgende Werthe aus Versuchen von Anderson mit:

Tabelle 33. **Einfluß von Phosphor auf die Festigkeit von Kupfer** (nach Anderson).

Materialzustand	Phosphor %	Bruchspannung σ_B kg/qmm
Gewöhnliches Kupfer, gegossen	—	13,3—17,6
" " geschmiedet . . .	—	23,9
" " " . . .	0,015	26,7
" " " . . .	0,02	31,6
" " " . . .	0,03	33,7
" " " . . .	0,04	35,5

Alle die zuletzt besprochenen Versuchsergebnisse leiden besonders auch an dem Mangel, daß die elastischen Eigenschaften und die Lage der Streckgrenze nicht mitgetheilt und die Reihen zu kurz sind. Der Konstrukteur hat aus ihnen fast gar keinen und der Metallurge nur einen geringen Gewinn. Für den ersteren fehlen gerade die wichtigsten Zahlen, dem letzteren wird der ganze Charakter des Materiales nicht erschlossen. Wie wenig dieser aber aus den bisherigen Versuchen erkannt worden ist und erkannt werden kann, wird aus der folgenden Tab. 34 einleuchten, in welcher ich die Angaben verschiedener Lehr- und Handbücher des letzten Jahrzehnts über die Festigkeitseigenschaften von Kupfer zusammenstellte.

Die allermeisten Autoren begnügen sich mit der Angabe der Bruchfestigkeit für Zug, einige geben merkwürdiger Weise die Druckfestigkeit an, und man findet Zahlen hierfür, die von etwa 40 bis 70 kg/qmm schwanken. Für Kupfer hat es aber nur einen Sinn, die Quetschgrenze mitzutheilen, und diese liegt ziemlich tief. Was man für die Druckfestigkeit des Kupfers ausgiebt, ist in der Regel nicht eine Eigenschaft des Materiales, sondern durch die Form des Probestückes gegeben. Die Dehnbarkeit des Materiales wird von manchen Autoren überhaupt nicht mitgetheilt.

I. Ergebnisse der Stauchversuche.

Der Einfluß der Bearbeitung auf die Kupferbleche wurde besonders auch noch durch Stauchversuche studirt, die an kleinen Würfeln von etwa 10 und 7 mm Seite auf dem kleinen Fallwerk der Versuchsanstalt ausgeführt wurden[1]). Bei diesen Versuchen wurde der Bär I von G = 56,55 kg wirksamem Gewicht benutzt und die Fallhöhe so bemessen, daß auf das Kubikcentimeter des Probekörpers vom Körperinhalt J bei jedem Schlage ein Arbeitsbetrag $a = \frac{G \cdot F}{J} =$ (F = Fallhöhe in m) entfiel, der für den ersten Körper jeder Reihe auf a = 15, für den zweiten auf 20 und für den dritten auf 30 mkg/ccm festgesetzt war.

[1]) Vergl. „Mittheilungen" 1891 S. 1 u. f.

Tabelle 34. **Zusammenstellung der Angaben verschiedener Autoren über die**

Alle Zahlen beziehen sich

Autor und Quelle		Materialzustand	Spannungen	
			zulässig für Zug σ_K	Elasticitäts-modul E
Hütte, Ingenieurs-Taschenb. 1892. I	S. 307	Blech, gehämmert		11100
	" 307	" geglüht		10700
	" 307	" gewalzt		11000
	" 308	Draht		13000
	" 309	Blech, gewalzt (nach Bach)	a) 6 b) 4[2])	
	" 662	Blech bei mehr als 5 mm Dicke		
	" 663	Stangenkupfer		
Bach, Maschinenelemente 1892	" 64	Feuerbuchsen und Stehbolzen		
	" 65	Feuerbuchsen		
	" 65	Stehbolzen-Rundkupfer		
	" 65	gewalzt[3])		11000
J. Buchetti, Manuel des Constr.	" 113	gegossen, unbearbeitet		
Métallqs. et Mocanqs. 1888	" 113	Blech, gehämmert		
	" 113	" nicht gehämmert		
	" 113	" ausgeglüht		
	" 113	geschmiedet		
	" 113	Draht, hart		
	" 113	" weich		
	" 113	" geglüht	a) b) c)	
R. H. Thurston, Materials of Engng.	" 60	gegossen	$(\frac{1}{5}\ \frac{1}{8}\ \frac{1}{10})\ \sigma_B$	
1884	" 60	Stangen		
	" 60	Draht		
(Wade, Metals for Cannon 1856)	" 271	gegossen Lake Superior		
(Egelston)	" 271	Lake Superior und Ore Knob (N. C) mehr		
(Thurston)	" 272	gegossen, umgeschmolzen [als		
	" 275	gewalzt, wie im Handel		
(Franklin-Institute 1837)	" 276	Mittel aus 60 Versuchen		
(Bauschinger)	" 276			
(Truntwine)	" 276	gegossen		
	" 276	Bolzenkupfer		
(Wertheim)	" 286	Draht, hart gezogen		12450
				12540
		" geglüht		10520
				12540
Com. on Alloys U. S. Board	" 288	gegossen wie in Praxis, Handelswaare		
Templetons, Taschenbuch für	" 629	Blech, gehämmert		10700
praktische Mechaniker 1882	" 629	" geglüht		10700
	" 629	Draht		12100
Reuleaux, Konstrukteur 1889	" 3	gehämmert	2,5	11000
	" 3	Draht	12	13000
H. Fritz, Gewerbliche Metallkonstruk-	" 16			11000
tionen 1887	" 16	Draht		12000
J. Keiser, Prakt. Masch. Konstr. 1891	" 14	gegossen		
	" 14	Stangen, gehämmert		
	" 14	Draht		

Die Probewürfel wurden hergestellt für die Reihe:

A aus Blech im Anlieferungszustande,

B aus Blech, das von 12 auf 10 mm Dicke kalt gehämmert war,

C aus Blech, das von 12 auf 7 mm Dicke kalt gehämmert war,

D aus Blech, das

...stigkeitseigenschaften von Kupfer als Konstruktionsmaterial (1882—1892).

...f kg, qmm und %.

Mittlere Eigenschaften: Zugbeanspruchung σ_P	σ_S	σ_B	δ	q	Bemerkungen
14		30			
		21			
-4[1])		20—23			[1]) kann durch wiederholte Anstrengung auf das 2—3fache steigen.
12		40			
					[2]) a wenn ruhende Last, b wenn wechselnde Last (von $\sigma = 0$ bis $\sigma_{max.}$).
		20—23	38		
		23		60	
		22	35	45	
		20	38	50	
		22	38	45	
-4[1])					[3]) bleibende Dehnungen treten bei noch nicht überanstrengtem (gehämmertem) Material sehr frühzeitig auf, so daß die Elasticitätsgrenze der Null ziemlich nahe liegt.
3		5?			
		24	30		
		21	38		
		22	44		
		26	30		
		44			
		30			
		25			
		18			Sicherheitsgrad: a für ruhende, b für bewegte Last, c für Schlag.
		25			
		42			
		15,5—19,7[4])			[4]) im Mittel über 17.
		21			
		14,3—21,0			
		22,5		40	
		23,3			
		20,4—22,5		45—30	
		12,7—21,1			
		17,6—28,1			
	[5])	16,3	6,3		[5]) $\sigma_S/\sigma_B = 0{,}491$.
	14				
	3	21			
	12	42			
		30			
		40			
3		23			
2		42			
		13—26			
		18—26			
		22—48			

a) im Ursprungszustande verblieb und aus solchem, das von 12 mm auf
b) 10,5 mm Dicke durch ruhigen Druck } gebracht war und
c) 10,5 mm Dicke durch Schlag }

E aus Blech, das
a) im Ursprungszustande verblieb und aus solchem, das von 12 mm auf

b) 7,5 mm Dicke durch ruhigen Druck
c) 7,5 mm Dicke durch Schlag } gebracht war.

Die Würfel der Reihen A, B und C wurden

a) im Metallbad vor jedem Schlage auf t C° erhitzt und dann warm so schnell wie möglich geprüft.

Von den Reihen B und C wurden

b) auch Würfel, die im Metallbad auf t C° erhitzt und dann in Wasser von 20 C° abgeschreckt waren, kalt geprüft.

In Tab. 35 und in den Fig. 70 bis 75 Taf. VIII sind die Ergebnisse übersichtlich zusammengestellt.

Betrachtet man zunächst die Wirkung, welche Schläge von verschiedener spezifischer Schlagarbeit a auf gleiche Würfel aus gleichem Material haben, so findet man aus Tab. 35, daß

wuchtige Schläge (mit größerem a) bei gleicher Gesammtarbeit (Schlagzahl mal a) eine größere Formänderung erzielen als leichtere Schläge.

Man erkennt dies besonders leicht, wenn man, die senkrechten mit 60 überschriebenen Spalten herniedergehend, die drei Zahlen jeder Gruppe vergleicht; kleine Abweichungen kommen vor, finden aber ihre Erklärung meistens in den am Fuße der Tabelle angegebenen Umständen. Bei den Versuchen im erhitzten Zustande mußte die Ausführung sehr schnell geschehen, daher die vielen Zufälle.

Um die Zahlen verständlicher und anschaulicher zu machen, habe ich sie zeichnerisch verwerthet und auf folgende Art benutzt.

Für die mit a = 15 mkg/ccm gewonnenen Reihen sind für jede Versuchsreihe die Schaulinien nach Art von Fig. 70 entworfen. Die Punkte, welche die nach dem n^{ten} Schlage erreichten Höhen der Körper darstellen, liegen auf gesetzmäßig gekrümmten Linienzügen, so daß man Fehler in der Beobachtung durch Abweichung der Punkte von dieser Linie sofort erkennen und zuverlässig ausgleichen kann. Die Schaulinien haben, wie man sieht, für die bei verschiedenen Wärmegraden geprüften Körper verschiedenen Verlauf und es ist klar, daß alle Linien einer Oberfläche doppelter Krümmung angehören, deren Gestalt, wie

Fig. 73.

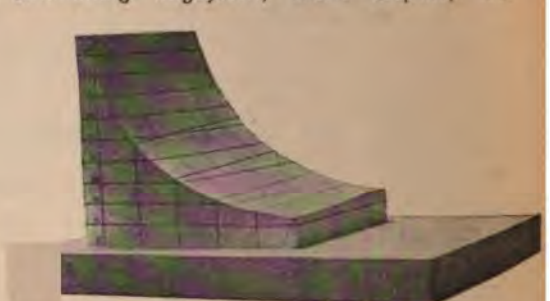


Fig. 74.

früher bereits geschehen, durch Schichtenlinien zeichnerisch festgelegt werden kann. Auf diese Weise wurden die Grundrisse Fig. 71 und 72 erhalten, nach denen dann die in Fig. 73 und 74 abgebildeten Gipsmodelle hergestellt wurden. Werthe von realer Bedeutung liefern indessen nur die Spuren der gekrümmten Oberfläche auf senkrechten Ebenen, die durch die Ordinaten a = 1, 2, 3 . . . n . 15 mkg/ccm gelegt wurden. Die Höhenordinaten dieser Spuren geben die Höhen in Prozenten der ursprünglichen Höhe an, welche ein auf t C° er-

hitzter Würfel von den benutzten Abmessungen beim n^{ten} Schlage von a mkg/ccm Arbeitsleistung annimmt. Die Grundrisse zeigen in sehr charakteristischer Weise die Veränderungen, welche die Widerstandsfähigkeit der Kupferwürfel in Folge der Vorbehandlung des Materiales erfährt.

Aus den Linien in Fig. 71 erkennt man, daß die ausgezogenen und die punktirten Linien in beiden Gruppen nahezu zusammenfallen.

Der Einfluß der stärkeren Hämmerung von 12 auf 7,5 mm tritt also bei der Prüfung mit Würfeln von verschiedener Größe nicht deutlich hervor.

Aus Fig. 72 geht aber hervor,

daß die im warmen Zustande geprüften Würfel von etwa 10 mm Seite aus Metall im ursprünglichen Zustande durchgängig erheblich weniger spezifische Schlagarbeit zur Erzielung gleicher Höhenänderung erfordern, als unter gleichen Umständen geprüfte gleich große Würfel aus gehämmertem Kupfer (von 12 auf 10,5 mm gehämmert).

Aus Fig. 71 Gruppe B und C und aus Fig. 71 geht hervor, daß

Kupfer sowohl im Ursprungszustande (Fig. 71) als auch im gehämmerten Zustande (Fig. 70) bei Prüfung im erwärmten Zustande erheblich an Stauchwiderstand abnimmt. Bei starker Formänderung tritt dieser Unterschied am deutlichsten hervor.

Während ein Würfel von 10 mm Seite bei 20 C° einen Arbeitsaufwand von etwa 150 mkg/ccm erfordert, um von der Höhe 100 auf die Höhe 20 gebracht zu werden, erfordert ein für die gleiche Formänderung bei Prüfung bei 100 C° nur noch 100 mkg/ccm, bei 500 C° gar nur 43 mkg/ccm.

Aus Gruppe B_b und C_b Fig. 71 geht hervor, daß

die Erhitzung der Würfel auf t C° mit nachfolgender schneller Abkühlung überhaupt nur eine geringe Wirkung hat. Erst bei Erhitzungen über 300 C° wird dieser Einfluß erkennbar.

In Fig. 74 Gruppe D, E und F sind die Ergebnisse der Gruppen D und E von Tab. 35 zeichnerisch aufgetragen, um einen besseren Ueberblick zu geben. Aus Gruppe F geht zunächst hervor, daß

zur Erzielung gleicher Höhenverminderungen bei den Würfeln aus vorher gedrückten und gestauchten Blechen größere Schlagarbeiten erforderlich sind als bei Würfeln aus Blech im Ursprungszustande. Die Würfel sind also durch die voraufgehende mechanische Bearbeitung widerstandsfähiger gegen Schlagwirkung geworden. Der Unterschied zwischen der Art der Vorbehandlung (ob von 12 mm Dicke auf 10,5 resp. 7,5 mm Dicke gedrückt oder gestaucht) ist kein wesentlicher.

Stellt man diesen Unterschied aus den Gruppen D und E für diejenigen Höhenverminderungen, wo er am deutlichsten hervortritt, durch Ablesung an den Schaulinien (diese Werthe haben aber, wie schon gesagt, keine reelle Bedeutung) fest, so erhält man etwa folgende Vergleichswerthe.

Tabelle 35. Ergebnisse der Stauchversuche mit Kupferwürfeln.

Der erste Körper einer jeden Reihe ist mit 15, der zweite mit 20 und der dritte mit 30 mkg/ccm für jeden Schlag geprüft. Bärgewicht G = 56,55 kg.

Art der Probenbearbeitung	Erhitzt auf t C°	Proben Nr.	Summe der specifischen Schlagarbeiten beim n^{ten} Schlage in mkg/ccm																
			15	20	30	40	45	60	75	80	90	100	105	120	135	140	150	160	165
			Höhen in % der ursprünglichen Höhe																
A. Blech im Auslieferungszustand.																			
a. Würfel 10 × 10 × 10 mm im Metallbad auf t C° erhitzt und warm geprüft.	20	40	65,5	—	50,0	—	38,2	31,4	27,4	—	24,5	—	21,6	20,6	19,6	—	—	—	—
		41	—	58,0	—	40,1	—	30,4	—	24,5	—	20,6	—	19,6	—	—	—	—	—
		42	—	—	47,0	—	—	29,4	—	—	22,5	—	—	18,6	—	—	—	—	—
	100	139	56,8	—	37,2	—	27,4	20,6	18,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		140	—	50,0	—	37,2	—	27,4	-	20,6	—	18,6	—	—	—	—	—	—	—
		141	—	—	45,5	—	—	28,7	—	—	18,8	—	—	—	—	—	—	—	—
	200	142	60,6	—	42,1	—	31,4	24,5	16,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		143	—	52,0	—	33,3	—	22,5	—	16,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		144	—	—	40,2	—	—	24,5	—	—	16,7	—	—	—	—	—	—	—	—
	300	145	55,9	—	38,2	—	27,4	20,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		146	—	49,5	—	27,7	—	18,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		147	—	—	36,2	—	—	19,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	350	148	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		149	—	44,5	—	25,7	—	17,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		150	—	—	34,3	—	—	17,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	400	151	54,0	—	32,3	—	21,6	15,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		152	—	45,0	—	26,4	—	16,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		153	—	—	34,3	—	—	15,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	450	154	51,0	—	29,4	—	19,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		155	—	44,0	—	23,5	—	15,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		156	—	—	33,6	—	—	15,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	500	157	49,0	—	27,4	—	17,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		158	—	40,5	—	20,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		159	—	—	32,6	—	—	14,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
B. Bleche von 12 auf 10 mm Dicke gehämmert.																			
a. Würfel 10 × 10 × 10 mm im Metallbad auf t C° erhitzt und warm geprüft.	20	49	69,3	—	52,5	—	41,6	33,6	28,7	—	25,8	—	23,8	21,8	20,8	—	19,8	—	—
		50	—	63,3	—	43,6	—	32,7	—	26,7	—	23,7	—	21,8	—	20,8	—	19,8	—
		51	—	—	50,5	—	—	31,7	—	—	23,7	—	—	20,8	—	—	18,8	—	—
	100	160	67,3	—	50,5	—	37,8	29,7	24,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		161	—	59,4	—	39,8	—	28,7	—	21,8	—	18,8	—	—	—	—	—	—	—
		162	—	—	47,5	—	—	28,7	—	—	18,8	—	—	—	—	—	—	—	—
	200	166	65,4	—	44,5	—	32,7	24,7	19,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		167	—	56,5	—	35,8	—	25,7	—	18,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		168	—	—	44,5	—	—	25,7	—	—	17,8	—	—	—	—	—	—	—	—
	300	172	58,4	—	38,6	—	26,7	20,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		173	—	50,5	—	28,7	—	20,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		174	—	—	38,6	—	—	19,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	350	178	58,4	—	38,6	—	25,7	21,8	16,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		179	—	50,5	—	30,7	—	15,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		180	—	—	39,8	—	—	19,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	400	184	56,5	—	35,6	—	22,8	18,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		185	—	47,5	—	25,7	—	16,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		186	—	—	35,6	—	—	18,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	450	190	54,5	—	32,6	—	20,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		191	—	44,5	—	23,8	—	14,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		192	—	—	33,8	—	—	15,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	500	196	49,5	—	28,7	—	17,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		197	—	43,5	—	21,8	—	14,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		198	—	—	30,7	—	—	14,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

40 Schlag 1 und 2 sind irrthümlicherweise mit 0,27 und 0,278 m Fallhöhe geschlagen.

139 Versehentlich mit f = 0,381 m statt mit f = 0,281 m geschlagen.

145 Beim Schlag 3 hat ca. nur $^3/_4$ des Körpers auf dem Amboß gelegen.

148 Der Würfel ist, nachdem er längere Zeit im Zinn gelegen, auf ca. $^1/_3$ seines Inhaltes zusammengeschmolzen. Bei den Versuchen von 300° ab war geschmolzenes Zinn angewendet worden, weil es sich jedoch zu stark mit dem Kupfer legirte, so wird von jetzt ab Blei zum Erhitzen verwendet.

160 Schlag 6 und 7: Durch Prellschläge auf verschiedene Höhen gestaucht.

172 Bei Schlag 3 starker Riß bis zur Mitte des Körpers.

173 Bei Schlag 2 hat der Würfel nur ca. $^3/_4$ auf dem Amboß gelegen.

179 Bei Schlag

Für $l_1 = 35\ \%$ und $a = 15$ mkg/ccm:

ergaben Würfel von 10 mm und Würfel von 7 mm Seite

a) im Ursprungszustand 52 " " " 50 mkg/ccm
b) von 12 mm gedrückt 57 " " " 62 "
c) von 12 mm gestaucht 60 " " " 60 "

Die Wirkung der mechanischen Vorbehandlung wird bei den Stauchversuchen unzweifelhaft noch klarer zur Erscheinung kommen, wenn man versucht diejenige spezifische Schlagarbeit zu bestimmen, die den Körper mit einem einzigen Schlage von der Höhe $l = 100$ auf die Höhe $l_1 = 35$ bringt. Um hier wenigstens einen Anhalt zu geben, habe ich von den noch vorhandenen Würfeln der Gruppen B a b und C a b (Tab. 35) je fünf Stück in dieser Weise geprüft; von dem Material im Ursprungszustande, war von demselben Blechstück, aus dem diese Würfel entnommen wurden, nichts mehr vorhanden. Diese Versuche haben als spezifische Arbeit zur Erzeugung einer Höhenverminderung auf 35 % der ursprünglichen Höhe durch einen einzigen Schlag Folgendes ergeben:

a) im Ursprungszustande (kein Material vorhanden)
ein Würfel von 10 mm Seite Würfel von 7 mm Seite
b) von 12 mm gedrückt 50,4 " " 55,3 mkg/ccm
c) von 12 mm gestaucht 50,4 " " 53,6 "

Der Unterschied in der Vorbehandlung (ob von 12 mm Dicke auf 10,5 resp. 7,5 mm Dicke gedrückt oder gestaucht) erweist sich also auch hier als unwesentlich. Die gleiche Formänderung wird durch einen einzigen wuchtigen Schlag durch weniger spezifische Arbeit herbeigeführt, als bei Anwendung einer Anzahl schwächerer Schläge; erforderlich ist (50,4 gegen 57 bis 60, beziehentlich 53,6 bis 55,3 gegen 60 bis 62 mkg/ccm).

Wenn in den letzten Abschnitten über den Einfluß der Bearbeitung auf die Eigenschaften der untersuchten Kupferbleche auch ziemlich ausführlich gesprochen worden ist, so ergiebt sich doch leicht, daß die Untersuchung keineswegs erschöpfend ausgeführt ist. Die Festigkeit der Nietverbindungen, die Festigkeit der Verbindung durch verschiedene Arten der Löthung u. s. w. ist nicht in den Kreis der Untersuchung gezogen. Die Festigkeit der Löthungen ist nur durch einige Beispiele in Tab. 32 berührt, aber die dort mitgetheilten englischen Versuchsergebnisse sind nicht geeignet um ein abschließendes Urtheil zu gestatten. Kurz, für die Weiterführung der Untersuchungen bleibt auch hier noch ein weites Feld zu bearbeiten.

K. Die Ergebnisse der Biegeversuche.

Wie schon früher erwähnt, sind die Biegeversuche durch ein Mißverständniß nicht in der Form ausgeführt worden, wie der Arbeitsplan es vorschrieb. Die sämmtlichen Proben sind statt hin und her gebogen zu werden einfach zusammengebogen bis die Schenkel fest aufeinander lagen. Diese Biegung haben alle Proben ohne Ausnahme bestanden. Um nun aber doch wenigstens einigen Ueberblick zu gewinnen, wie sich das hier geprüfte Material bei der Hin- und Herbiegeprobe verhält, habe ich aus den vorhandenen Probenresten noch einige Streifen abtrennen lassen und damit die in Tab. 36 verzeichneten Ergebnisse erhalten. Unter den ausgeführten Versuchen befinden sich auch solche, die an mit Schraubengewinde versehenen Proben ausgeführt wurden.

Die Versuche 1 und 2 sind unter der Schraubenpresse, die Versuche 3 bis 12 in einem Schraubstock zwischen Kupferbacken ausgeführt, deren Kanten nach etwa 4 mm Radius abge-

Art der Probenbearbeitung	Erhitzt auf t C°	Proben Nr.	Summe der spezifischen Schlagarbeiten beim n^{ten} Schlage in mkg/mm																
			15	20	30	40	45	60	75	80	90	100	105	120	135	140	150	160	165
			Höhen in % der ursprünglichen Höhe																
b. Würfel 7×7×7 mm im Metallbad auf t C° erhitzt, im Wasser von 20C° abgeschreckt und kalt geprüft.	20	52	71,3	—	53,4	—	41,1	32,9	27,4	—	(26,0)	—	21,9	20,6	—	—	—	—	—
		53	—	63,1	—	43,8	—	32,9	—	26,0	—	24,7	—	21,9	—	20,6	—	—	—
		54	—	—	50,7	—	—	32,9	—	—	24,7	—	—	20,6	—	—	—	—	—
	100	58	69,9	—	52,1	—	41,1	34,2	28,8	—	26,0	—	23,3	20,6	—	—	—	—	—
		59	—	61,7	—	42,5	—	32,9	—	26,0	—	23,3	—	21,9	—	19,2	—	—	—
		60	—	—	52,8	—	—	34,8	—	—	25,0	—	—	20,8	—	—	—	—	—
	200	70	68,5	—	52,1	—	39,8	32,9	27,4	—	24,7	—	20,6	—	—	—	—	—	—
		71	—	61,7	—	42,5	—	31,5	—	24,7	—	22,0	—	20,6	—	—	—	—	—
		72	—	—	51,4	—	—	30,6	—	—	22,2	—	—	19,5	—	—	—	—	—
	300	82	71,2	—	53,4	—	41,1	34,2	(28,8)	—	27,4	—	24,7	21,9	20,6	—	—	—	—
		83	—	61,7	—	42,5	—	31,5	—	26,0	—	21,0	—	20,6	—	—	—	—	—
		84	—	—	49,3	—	—	31,5	—	—	23,3	—	—	19,2	—	—	—	—	—
	350	94	67,1	—	50,7	—	39,7	32,9	27,4	—	24,7	—	23,3	21,9	20,6	—	—	—	—
		95	—	61,6	—	42,5	—	31,5	—	27,4	—	23,3	—	20,6	—	—	—	—	—
		96	—	—	49,3	—	—	30,1	—	—	23,3	—	—	20,6	—	—	—	—	—
	400	106	64,4	—	47,9	—	38,4	31,5	(28,8)	—	24,7	—	23,3	21,9	(21,9)	—	19,2	—	—
		107	—	59,7	—	41,7	—	32,0	—	26,4	—	23,6	—	22,2	—	20,8	—	—	—
		108	—	—	48,6	—	—	31,9	—	—	25,0	—	—	22,2	—	—	19,5	—	—
	450	118	63,9	—	48,6	—	38,9	32,0	27,8	—	25,0	—	23,6	22,2	20,9	—	—	—	—
		119	—	58,3	—	41,7	—	30,6	—	26,4	—	23,6	—	20,9	—	—	—	—	—
		120	—	—	48,7	—	—	30,6	—	—	23,6	—	—	20,9	—	—	—	—	—
	500	130	64,8	—	49,3	—	39,4	32,4	26,8	—	25,4	—	(22,5)	(22,5)	19,7	—	—	—	—
		131	—	54,9	—	36,7	—	28,2	—	24,0	—	21,1	—	—	—	—	—	—	—
		132	—	—	47,9	—	—	31,0	—	—	25,4	—	—	21,1	—	—	—	—	—
D. Würfel 10 × 10 × 10 mm. a. Ursprungszustand 12mm		43	66,0	—	49,0	—	38,0	32,0	27,0	—	24,0	—	23,0	21,0	20,0				
		44	—	58,5	—	40,5	—	30,5	—	24,8	—	23,8	—	20,8	—				
		45	—	—	49,0	—	—	30,0	—	—	24,0	—	—	20,0	—				
b. Auf 10,5 mm gedrückt		28	69,6	—	52,9	—	41,5	33,9	28,3	—	24,5	—	23,6	20,8	20,8	—	19,6		
		29	—	61,3	—	43,4	—	33,0	—	25,5	—	18,8	—	—	—				
		30	—	—	50,0	—	—	31,7	—	—	24,0	—	—	19,2	—				
b—a			3,6	—	3,9	—	3,5	1,9	1,3	—	0,5	—	0,6	− 0,2	0,8				
			—	2,8	—	2,9	—	2,5	—	0,7	—	− 5,0	—	—	—				
			—	—	1,0	—	—	1,7	—	—	0,0	—	—	− 0,8	—				
c. Auf 10,5 mm gestaucht		31	69,6	—	52,9	—	42,5	34,9	30,2	—	26,4	—	23,6	22,6	21,7	—	20,8	—	19,8
		32	—	62,6	—	44,0	—	33,6	—	27,1	—	24,3	—	22,4	—	21,5	—	20,6	—
		33	—	—	51,4	—	—	32,7	—	—	23,4	—	—	19,6	—	—	18,7	—	—
c—a			3,6	—	3,9	—	4,5	2,9	3,2	—	2,4	—	0,6	1,6	1,7				
			—	4,1	—	3,5	—	3,1	—	2,3	—	0,5	—	—	—				
			—	—	2,4	—	—	2,7	—	—	− 0,6	—	—	− 0,4	—				
E. Würfel 7 × 7 × 7 mm. d. Ursprungszustand 12mm		46	62,9	—	48,6	—	37,2	31,4	25,7	—	(21,4)	—	21,4	20,0					
		47	—	57,1	—	40,0	—	31,4	—	25,7	—	21,4	—	20,0					
		48	—	—	47,2	—	—	30,0	—	—	24,3	—	—	18,6					
e. Auf 7,5 mm gedrückt		34	72,4	—	54,0	—	43,4	35,5	30,3	—	26,3	—	23,7	22,4	—	—	19,7	—	
		35	—	67,0	—	47,4	—	35,5	—	29,0	—	23,7	—	22,4	—	21,1	—	19,7	
		36	—	—	54,0	—	—	34,2	—	—	26,3	—	—	21,1	—	—	—	—	
e—d			9,5	—	5,4	—	6,2	4,1	4,6	—	(4,9)	—	2,3	2,4					
			—	9,9	—	7,4	—	4,1	—	3,3	—	2,3	—	2,4	—				
			—	—	6,8	—	—	4,2	—	—	2,0	—	—	2,5					
f. Auf 7,5 mm gestaucht		37[1]	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
		38	—	65,4	—	46,6	—	34,7	—	28,0	—	22,6	—	21,4	—	20,0			
		39	—	—	53,5	—	—	32,9	—	—	23,3	—	—	20,6	—	—			
f—d			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
			—	+ 8,3	—	+ 6,6	—	+ 3,3	—	+ 2,3	—	+ 1,2	—	+ 1,4	—				
			—	—	+ 6,3	—	—	+ 2,9	—	—	− 1,0	—	—	+ 2,6					

82 Bei Schlag 4 eine kleine Abblätterung auf der einen Schlagfläche.

[1]) Bei Reihe 37 muß irgend ein Versehen unterlaufen sein, dessen Art nicht mehr sicher festgestellt werden konnte; die Schlagwirkungen sind erheblich zu groß ausgefallen.

Für $l_1 = 35$ % und $a = 15$ mkg/ccm:

ergaben Würfel von 10 mm und Würfel von 7 mm Seite

a) im Ursprungszustand 52 " " " 50 mkg/ccm
b) von 12 mm gedrückt 57 " " " 62 "
c) von 12 mm gestaucht 60 " " " 60 "

Die Wirkung der mechanischen Vorbehandlung wird bei den Stauchversuchen unzweifelhaft noch klarer zur Erscheinung kommen, wenn man versucht diejenige spezifische Schlagarbeit zu bestimmen, die den Körper mit einem einzigen Schlage von der Höhe $l = 100$ auf die Höhe $l_1 = 35$ bringt. Um hier wenigstens einen Anhalt zu geben, habe ich von den noch vorhandenen Würfeln der Gruppen B a b und C a b (Tab. 35) je fünf Stück in dieser Weise geprüft; von dem Material im Ursprungszustande, war von demselben Blechstück, aus dem diese Würfel entnommen wurden, nichts mehr vorhanden. Diese Versuche haben als spezifische Arbeit zur Erzeugung einer Höhenverminderung auf 35 % der ursprünglichen Höhe durch einen einzigen Schlag Folgendes ergeben:

a) im Ursprungszustande (kein Material vorhanden)
ein Würfel von 10 mm Seite Würfel von 7 mm Seite
b) von 12 mm gedrückt 50,4 " " 55,3 mkg/ccm
c) von 12 mm gestaucht 50,4 " " 53,6 "

Der Unterschied in der Vorbehandlung (ob von 12 mm Dicke auf 10,5 resp. 7,5 mm Dicke gedrückt oder gestaucht) erweist sich also auch hier als unwesentlich. Die gleiche Formänderung wird durch einen einzigen wuchtigen Schlag durch weniger spezifische Arbeit herbeigeführt, als bei Anwendung einer Anzahl schwächerer Schläge; erforderlich ist (50,4 gegen 57 bis 60, beziehentlich 53,6 bis 55,3 gegen 60 bis 62 mkg/ccm).

Wenn in den letzten Abschnitten über den Einfluß der Bearbeitung auf die Eigenschaften der untersuchten Kupferbleche auch ziemlich ausführlich gesprochen worden ist, so ergiebt sich doch leicht, daß die Untersuchung keineswegs erschöpfend ausgeführt ist. Die Festigkeit der Nietverbindungen, die Festigkeit der Verbindung durch verschiedene Arten der Löthung u. s. w. ist nicht in den Kreis der Untersuchung gezogen. Die Festigkeit der Löthungen ist nur durch einige Beispiele in Tab. 32 berührt, aber die dort mitgetheilten englischen Versuchsergebnisse sind nicht geeignet um ein abschließendes Urtheil zu gestatten. Kurz, für die Weiterführung der Untersuchungen bleibt auch hier noch ein weites Feld zu bearbeiten.

K. Die Ergebnisse der Biegeversuche.

Wie schon früher erwähnt, sind die Biegeversuche durch ein Mißverständniß nicht in der Form ausgeführt worden, wie der Arbeitsplan es vorschrieb. Die sämmtlichen Proben sind statt hin und her gebogen zu werden einfach zusammengebogen bis die Schenkel fest aufeinander lagen. Diese Biegung haben alle Proben ohne Ausnahme bestanden. Um nun aber doch wenigstens einigen Ueberblick zu gewinnen, wie sich das hier geprüfte Material bei der Hin- und Herbiegeprobe verhält, habe ich aus den vorhandenen Probenresten noch einige Streifen abtrennen lassen und damit die in Tab. 36 verzeichneten Ergebnisse erhalten. Unter den ausgeführten Versuchen befinden sich auch solche, die an mit Schraubengewinde versehenen Proben ausgeführt wurden.

Die Versuche 1 und 2 sind unter der Schraubenpresse, die Versuche 3 bis 12 in einem Schraubstock zwischen Kupferbacken ausgeführt, deren Kanten nach etwa 4 mm Radius abge-

rundet waren. Als volle Biegung zählt eine Biegung um 90° nach rechts und wieder zurück; dann folgt eine Biegung um 90° nach links und wieder zurück u. s. w., freie Länge etwa 100 mm.

Tabelle 36. **Hin- und Herbiegeproben.**

Versuch Nr.	Blech Nr.	Abmessungen im gebogenen Theil		Zahl der Biegungen	Bemerkungen
		Breite mm	Dicke mm		
1	B	24	12	$2^1/_2$	Bei Versuch 1—6 sind die Kanten der Proben mit etwa 1 mm Halbmesser.
2	C	24	12	$2^1/_4$	
3	A	14	7	5	
4	D	14	7	$4^1/_2$	
5	E	14	7	$5^1/_2$	
6	F	14	7	$5^1/_4$	
7	B	12 Durchm.		$1^1/_4$	Schraubengewinde mit der Kluppe nicht rein ausgeschnitten; Grund der Gewinde rund.
8	C	12 „		$1^1/_4$	
9	D	6,5 Durchm.		$^3/_4$	Schraubengewinde mit der Kluppe ausgeschnitten; Grund der Gewinde rund.
10	E	6,5 „		1	
11	F	6,5 „		$^3/_4$	
12	A	6,5 „		$1^1/_4$	

Die Hin- und Herbiegeprobe wird bei den Hauptversuchen besser auszubilden sein. Jedenfalls ist die Biegung im Schraubstock unzureichend, und man wird einen Apparat anwenden müssen, der genau bestimmte Biegungen erzeugt. Die Biegungsversuche mit aufgeschnittenem Gewinde dürften kaum eine brauchbare Methode liefern, weil das für die Versuche zu Tab. 36 benutzte gute und zähe Kupfer wohl die Biegung um 90° anstandslos ertrug, aber bei der Rückbiegung schon nach ganz geringer Formänderung Einbrüche im Gewindegrund zeigte und meistens brach, bevor die Rückbiegung vollendet war. Die Versuche werden gelegentlich fortgesetzt werden, aber es ist kaum zu erwarten, daß sie erfolgreich sein werden.

L. Ueber die Bedeutung der Ausdrücke σ_S/σ_B und $\mathfrak{Z} = \sigma_B/\sigma_S \cdot \frac{\delta_{11,3}}{100}$

Im Vorausgehenden habe ich sehr häufig von den Verhältnissen σ_S/σ_B und $\mathfrak{Z} = \sigma_B/\sigma_S \cdot \delta_{11,3}/100$ Gebrauch gemacht, so daß es wohl nothwendig sein wird, die Begründung hierfür zu geben.

Wie aus den voraufgehenden Besprechungen vielfach hervorging, steigt das Verhältniß σ_S/σ_B mit wachsender mechanischer Bearbeitung des Kupfers (und der meisten weichen Metalle).

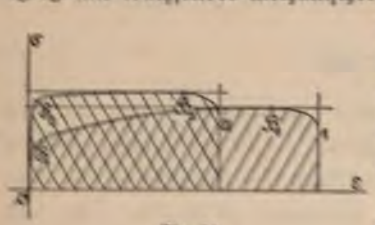


Fig. 76.

Die Streckgrenze wird durch die mechanische Bearbeitung mehr erhoben als die Bruchgrenze und der Werth σ_S/σ_B nähert sich immer mehr dem Betrage 1. Für ganz weiches Kupfer wurde er zwischen 0,2 und 0,3 für ganz hart gezogenes oder gehämmertes Kupfer über 0,9 liegend gefunden. Vergegenwärtigt man sich die allgemeine Form der Schaulinien für weiches und hartes (mechanisch bearbeitetes) Kupfer (siehe Fig. 76 Linien 1 und 2), so erinnert man sich, daß der Völligkeitsgrad des Schaubildes, d. h. das Verhältniß der von der Schaulinie eingeschlossenen Fläche (in Fig. 76 schraffirt) zur Fläche des einschließenden Rechteckes, mit dem Grade der mechanischen Bearbeitung wächst. Je höher im Allgemeinen die Streckgrenze gegenüber der Bruchgrenze liegt, desto größer wird auch der Völligkeitsgrad ξ sein. Zahlreiche Untersuchungen haben aber gezeigt, daß der Völligkeitsgrad für bestimmte Materialien und bestimmte Materialzustände nahezu eine Konstante ist. Man hat daher verschiedene Vor-

schläge gemacht, den Völligkeitsgrad zur Charakterisirung eines Materiales, zur Bezeichnung seines Zustandes mit heranzuziehen (Hartig, Fischer u. A.). Dies bietet indessen für die technische Praxis einige Schwierigkeiten, wie einleuchten wird, wenn man bedenkt, daß die Bestimmung der Zahlenwerthe für den Völligkeitsgrad schließlich doch für jeden Fall vorgenommen werden müßte, in welchen man nicht aus anderen Merkmalen ein Urtheil über den Grad der mechanischen Bearbeitung des Probemateriales gewinnen kann; denn nur einem bestimmten Bearbeitungsgrade wird beispielsweise beim Kupfer ein bestimmter Zahlenwerth für ξ entsprechen. Will man aber von Fall zu Fall ξ bestimmen, so ist die Verzeichnung der Schaulinienfläche oder deren Berechnung aus den Beobachtungswerthen nothwendig, die immerhin zeitraubend und umständlich ist. Ich versuchte daher statt[1]) des Völligkeitsgrades das Verhältniß σ_S/σ_B zur Charakterisirung des Materialzustandes zu benutzen, weil diese beiden Größen ohnehin beim Zerreißversuch bestimmt werden, oder wenigstens leicht bestimmt werden können. Nachdem ich diesen Vergleichswerth mehrere Jahre lang benutzt und an vielen Materialien erprobt habe, glaube ich berechtigt zu sein, hier für seine weitere Benutzung in der Praxis einzutreten.

Der Materialzustand ist aber besonders gut auch noch durch die Größe der Bruchdehnung charakterisirt. Die Dehnbarkeit nimmt im Allgemeinen bei wachsender mechanischer Bearbeitung der Metalle ab. Je höher demnach die Streckgrenze im Verhältniß zur Bruchgrenze liegt und je kleiner die Dehnbarkeit ist, um so mehr wird das Metall mechanisch bearbeitet sein[2]). Ich habe daher versucht, den Materialzustand durch die folgenden ebenfalls bei jedem Versuch in der Praxis ohnehin ermittelten Größen auszudrücken, indem ich setzte

$$\mathfrak{Z} = \frac{\sigma_B}{\sigma_S} \cdot \frac{\delta}{100}$$

Dieser Ausdruck wächst also mit der Weichheit des Materiales, denn je mehr es sich dem weichem Zustande nähert, desto größer wird das Verhältniß $\frac{\sigma_B}{\sigma_S}$ und die Dehnbarkeit. Die Ausrechnung von $\mathfrak{Z}$ ist so einfach[3]), daß man wohl erwarten darf, diese Zahl in Zukunft allgemeiner benutzt zu sehen.

Bei den in diesem Bericht besprochenen Versuchen haben sich für $\mathfrak{Z}$ folgende Grenzen ergeben: für

weiches Kupfer . . . . . $\mathfrak{Z} = 1{,}2$ bis $3{,}6$
hart gehämmertes Kupfer . . . $\mathfrak{Z} = 0{,}05$ bis $0{,}5$
hart gezogenes Kupfer . . . . $\mathfrak{Z} = 0{,}03$ bis $0{,}25$

Um Mißverständnissen von vornherein vorzubeugen, will ich hier ausdrücklich hervorheben, daß es mir durchaus fern liegt, durch die Werthe σ_S/σ_B und $\mathfrak{Z}$ sogenannte Werthziffern einzuführen. Die Praxis der Materialienkunde hat wohl hinlänglich klar erwiesen, daß man mit den früher gebräuchlich gewesenen Werthziffern $\sigma_B \cdot \delta$ oder $\sigma_B + q$ nichts anfangen konnte. Die Zahlen an sich vermögen keine Anschauung über den Werth der Materialien zu geben. Ein Bild von deren Eigenschaften können sie erst liefern, wenn mindestens der eine Faktor oder

[1]) Um auf jeden Fall Mißverständnissen vorzubeugen, sei bemerkt, daß das Verhältniß σ_S/σ_B nicht an Stelle des Werthes ξ gesetzt werden kann.

[2]) Auch hier ist zur Klarstellung hinzuzufügen, daß es nicht ausgeschlossen ist, daß bei gewissen Metallen oder Legirungen das Verhältniß σ_S/σ_B und der Werth $\mathfrak{Z}$ durch Veränderung der chemischen Zusammensetzung in ähnlicher Weise und in gleichem Grade verändert werden können, wie durch die mechanische Bearbeitung. Darüber, ob der eine oder der andere Fall vorliegt, wird dann die Prüfung im ausgeglühten Zustande wohl in den meisten Fällen Auskunft geben.

[3]) Man rechnet zweckmäßig mit dem Rechenschieber: $\mathfrak{Z} = \frac{\delta}{\sigma_S/\sigma_B \cdot 100}$, da σ_S/σ_B ja ohnehin schon bestimmt war.

Summand bekannt ist, und bestimmte Materialqualität, d. h. einen bestimmten technischen Gebrauchswerth des Materiales, kann man sich nur dann sichern, wenn man den Werthziffern dadurch einen bestimmten Charakter verleiht, daß man mindestens für den einen Faktor oder Summanden bestimmte Grenzen festsetzt, zwischen denen er schwanken darf; durch die Werthziffer sind dann die Grenzen für den anderen gegeben[1]). Ist es da nicht einfacher, praktischer und übersichtlicher, wenn man die Grenzen für die Einzelfaktoren unmittelbar festsetzt und nach diesen Grenzen den Gebrauchswerth beurtheilt? Der Arbeitsmodul $\Sigma\,(\sigma\,.\,\varepsilon)$ oder wie üblich $\sigma_B\,.\,\delta$ und die Summe $\sigma_B + q$ können also meines Erachtens nur neben den Einzelwerthen zur Charakterisirung des Materials dienen; sie sind aber nicht recht im Stande die Zustandsänderungen des Materiales durch die mechanische Bearbeitung auszudrücken, da mit dem Wachsthum von σ_B in der Regel das Fallen von δ und q verbunden ist. Zur Darstellung des Bearbeitungsgrades scheinen mir die von mir benutzten Werthe besser geeignet und ich möchte auf Grund der von mir bisher bei ihrer Benutzung gemachten Erfahrungen, ihre Benutzung für diesen Zweck empfehlen. Für die Zahlenwerthe an sich gilt selbstverständlich dasselbe, was für die Werthziffern $\sigma_B\,.\,\delta$ und $\sigma_B + q$ gesagt wurde; die Zahlen an sich sind unverständlich, sie bekommen ihren Werth erst durch gleichzeitige Beachtung der Einzelwerthe von σ_S, σ_B und δ.

Den vom Hannoverschen Dampfkesselüberwachungsverein (S. 7 des Berichtes) ausgesprochenen Wunsch, für den Bearbeitungsgrad des Kupfers einen Ausdruck zu haben, hat also die Voruntersuchung mit Kupferblechen erfüllt, man wird vorschlagen können:

> als Maß für den Grad der mechanischen Bearbeitung der untersuchten Kupferproben, die Werthe
>
> $$\sigma_S/\sigma_B \text{ und } Z_{11,3} = \frac{\sigma_B}{\sigma_S} \cdot \frac{\delta_{11,3}}{100}$$
>
> zu benutzen.

Da, wie früher erörtert, für die Dehnbarkeit δ nur dann bestimmte vergleichbare Werthe gefunden werden, wenn δ an Meßlängen $l = n\sqrt{f}$ festgestellt ist, und da der Werth $n = 11{,}3$ als Grundwerth vielfach üblich ist[2]), so wird man auch für die Bestimmung von Z diesen Werth n benutzen müssen, wenn man vergleichbare Zahlenwerthe erhalten will. Ich möchte daher den ferneren Vorschlag machen, in Zukunft

> die Thatsache, daß die Werthe δ und Z an Meßlängen $l = n\sqrt{f}$ bestimmt worden sind, stets dadurch festzulegen, daß man den Werth n als Index für δ und Z anführt;

also beispielsweise schreibt $\delta_{11,3}$ oder $Z_{11,3}$.

M. Ueber die zulässigen Spannungen für Kupfer als Konstruktionsmaterial.

In mehreren der voraufgehenden Absätze habe ich die Frage wegen der zulässigen Spannungen bereits berührt. Nach den hier mitgetheilten, aber bei weitem nicht erschöpfenden Versuchen steht es wohl unzweifelhaft fest, daß die Grenzwerthe für verschiedene Konstruktionszwecke und Materialzustände verschieden hoch gesetzt werden dürfen. Aber für die Festsetzung dieser Grenzen selbst haben die Versuche wohl noch nicht hinreichend sichere Grundlagen geliefert. Dies sollte ja vielmehr auch Aufgabe der später auszuführenden Hauptuntersuchungen sein. Aus dem Verhalten des hart gehämmerten und hart gezogenen Kupfers hat sich ergeben, daß der Einfluß der Erwärmung sich bei lang andauernder oder oft wiederholter

[1]) Vergl. auch „Mittheilungen" 1893. S. 27.

[2]) Er wurde besonders auch an der Wiener Konferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsverfahren in Vorschlag gebracht.

Fig. 21. Hartgezogener Kupferdraht 2 min. auf t C° erhitzt und dann in Wasser abgeschreckt.
Bleibende Verlängerungen λ in 0,0001 mm für den Spannungszuwachs Δ σ = 1,3 kg/qmm.

C° erhitzt

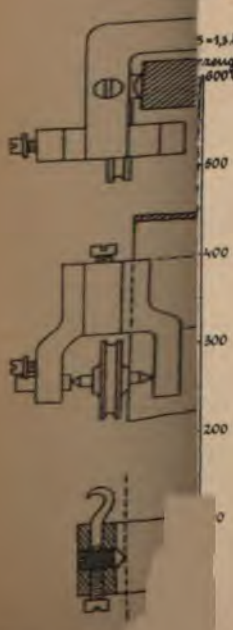
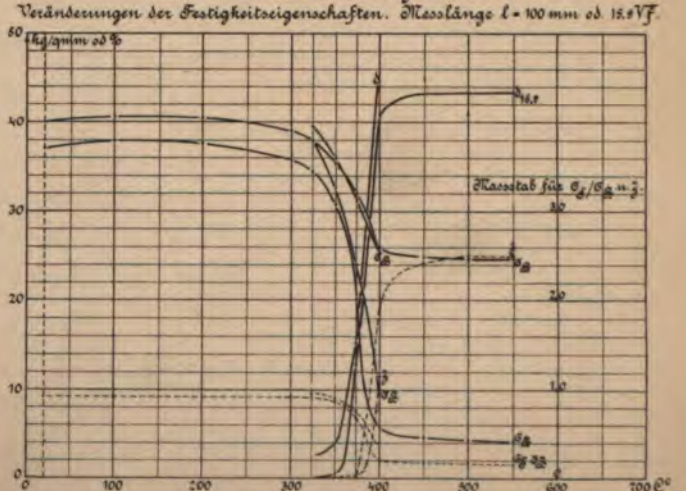


Fig. 22. Hartgezogener Kupferdraht 2 min. auf t C° erhitzt und dann in Wasser abgeschreckt.
Veränderungen der Festigkeitseigenschaften. Messlänge l = 100 mm od. 15,9 √f.



Die Fragen 2a—c kann man wie folgt beantworten:

Es ist möglich, durch Ausglühen einen Normalzustand zu erzeugen (vergl. Absatz [illegible]). Beim Ausglühen müssen mindestens 500 C° erreicht und die Probe in Wasser abgeschreckt werde[illegible].

Das wiederholte Ausglühen hat nur sehr geringen Einfluß, wenn der Hitzegrad v[illegible] 500 C° einige Minuten lang erhalten wurde. Bei geringeren Hitzegraden (aber über 250C[illegible]) hat die wiederholte Erwärmung ähnlichen Einfluß wie längere Erhitzung auf gleichen Wärmegra[illegible].

Die der Voruntersuchung überwiesenen Fragen dürften gelöst sein. Von den Haup[illegible]fragen 3 bis 7 (Seite 44) sind die meisten mehr oder weniger stark berührt, aber nicht er[illegible]ledigt. Die Hauptversuche werden sich noch eingehend auf diese Fragen erstrecken müssen, un[illegible] zwar würde hier eine Scheidung vorzunehmen und die weiteren Versuche nach großen Gesichts[illegible]punkten zu ordnen sein. Es empfiehlt sich, zunächst nur die Fragen

3) welchen Einfluß hat die chemische Zusammensetzung des Kupfers auf seine Festig[illegible]keitseigenschaften? und

4) welcher Zusammenhang bezw. welche Wechselwirkung besteht zwischen der chemische[illegible] Zusammensetzung und der mechanischen Bearbeitung?

in Angriff zu nehmen.

Da nach den Auslassungen der Königlichen Technischen Deputation die Absicht besteht, die im Handel gebräuchlichen Kupfermarken mit einander zu vergleichen und es zweifellos zweckmäßig sein wird, diesen Vergleich zuerst vorzunehmen, so empfiehlt es sich, die Hauptversuche hier anzusetzen, da bei diesen Prüfungen sich die Grenzschwankungen für die chemische Zusammensetzung des Handelskupfers ergeben müssen. Voraussichtlich wird man dann nur nöthig haben, durch Zusammenschmelzen verschiedener Marken oder durch absichtliche Hinzufügung gewisser Beimengungen die sich von selbst ergebenden Reihen zu ergänzen, um die gesuchten Gesetze feststellen zu können. Da Umschmelzungen und mechanische Bearbeitungen verschiedener Art ohnehin mit allen untersuchten Marken vorgenommen werden müssen, wenn man ihren technischen Werth klarlegen will, so erledigt sich auch Frage 4 von selbst.

Freilich wird die Ausführung aller dieser Versuche, die Einrichtung von Schmelzvorrichtungen und die Benutzung der neueren Methoden für die Wärmemessung, Schmelzpunktsbestimmung u. s. w. erforderlich machen und umfangreiche metallurgische Untersuchungen werden bei den Festigkeitsversuchen nebenher gehen müssen. Ich hoffe aber, daß die hier besprochenen Vorversuche mit Kupfer erwiesen haben werden, daß es sich lohnt, die beabsichtigten Kupferprüfungen mit vollkommenen Einrichtungen und auf breiter Grundlage auszuführen und hoffe, daß diese Erkenntniß schließlich doch dahin führen wird, die mechanisch-technische Versuchsanstalt mit einem besonderen metallurgischen Laboratorium auszurüsten, in dem Schmelzversuche ausgeführt, Legirungen nach wissenschaftlichen Grundsätzen hergestellt und besonders auch mikroskopische Untersuchungen der Metalle ausgeführt werden können.

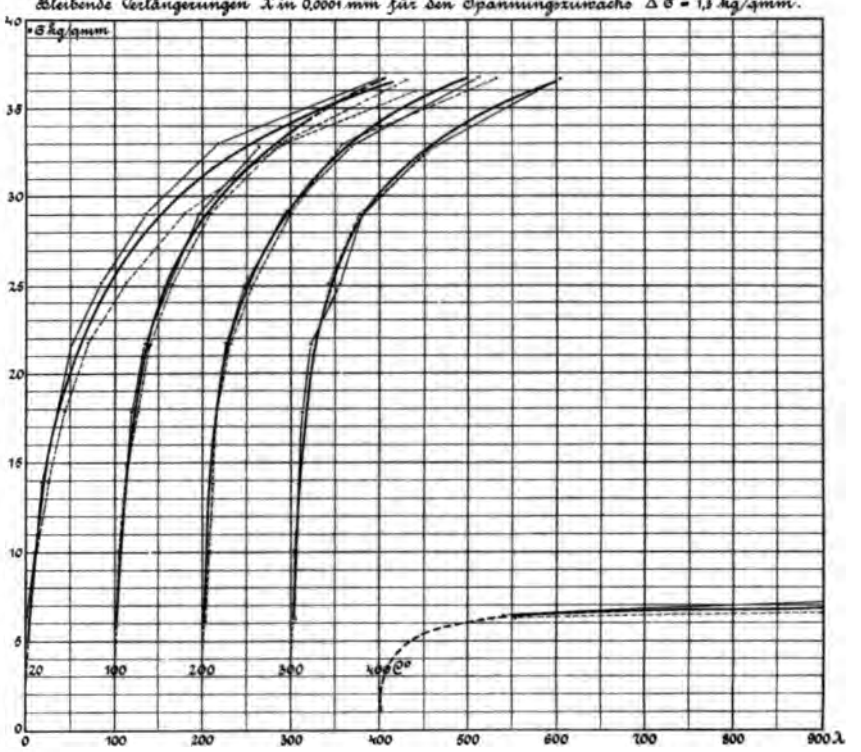
Daß die Frage 5: Welches ist die zulässige Beanspruchung im Normalzustande und im bearbeiteten Zustande des Kupfers? nur durch Dauerversuche beantwortet werden kann und daß sich diese Dauerversuche auch auf den erhitzten Zustand erstrecken müßten, habe ich mehrfach begründet. Durch sie würde auch ein Theil der Frage 7 zur Lösung kommen. Im Uebrigen ist aber diese Frage: Welchen Einfluß hat die Erwärmung auf die Festigkeit des Kupfers? schon durch die in diesem Bericht besprochene Voruntersuchung ziemlich eingehend behandelt.

Für die Redaktion verantwortlich: **A. Martens.** — Verlag von **Julius Springer** in Berlin.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

Fig. 21. Hartgezogener Kupferdraht 2 min. auf t C° erhitzt und dann in Wasser abgeschreckt.

Bleibende Verlängerungen λ in 0,0001 mm für den Spannungszuwachs $\Delta\sigma = 1{,}3$ kg/qmm.



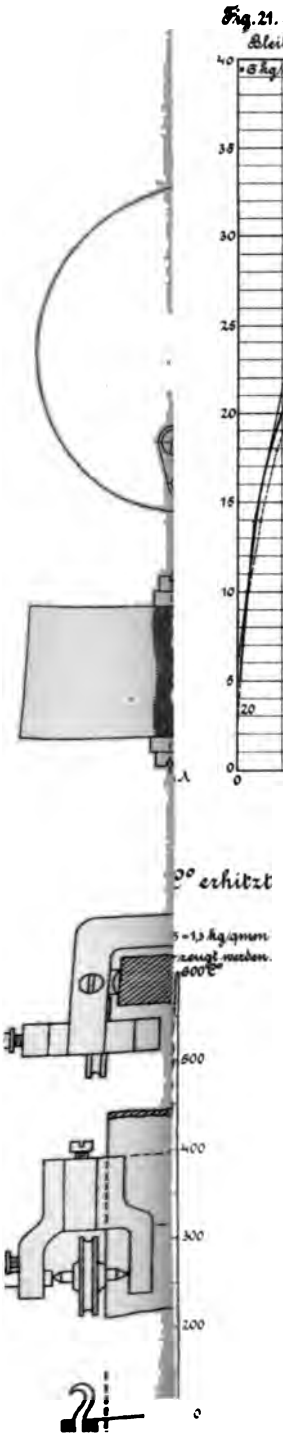
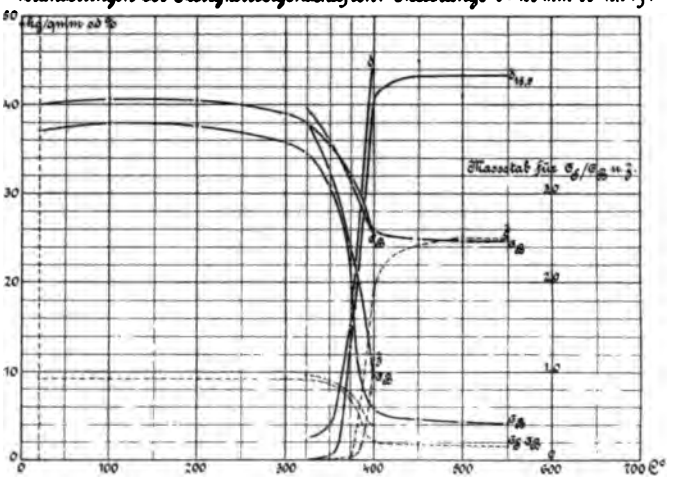


Fig. 22. Hartgezogener Kupferdraht 2 min. auf t C° erhitzt und dann in Wasser abgeschreckt.

Veränderungen der Festigkeitseigenschaften. Messlänge $l = 100$ mm ø 15,9 VF.

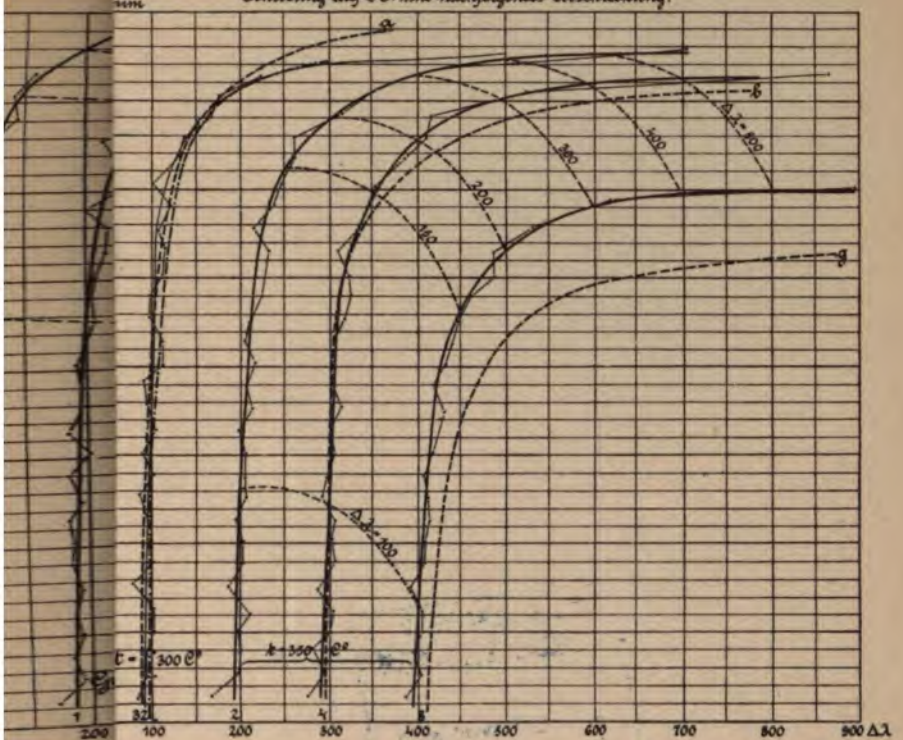


THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R

Fig. 23. s. Einfluß der oft wiederholten Erhitzung auf hartgezogenen Kupferdraht.

Verlängerungen $\Delta\lambda$ in 0,0001 mm für die Spannungsstufe $\Delta\sigma$ = 12 kg/qmm nach 0,5 Min. langer Erhitzung auf t C° und nachfolgender Abschreckung.



g C.

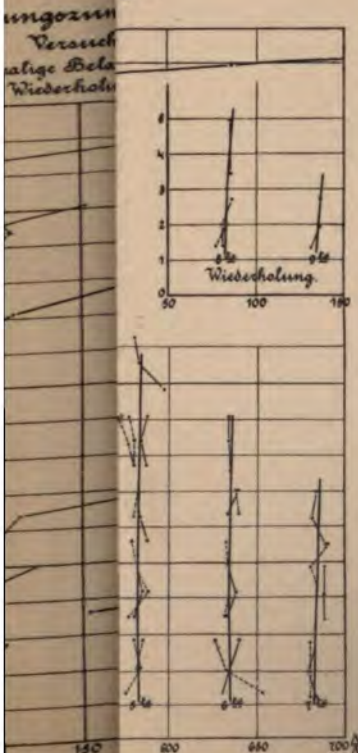
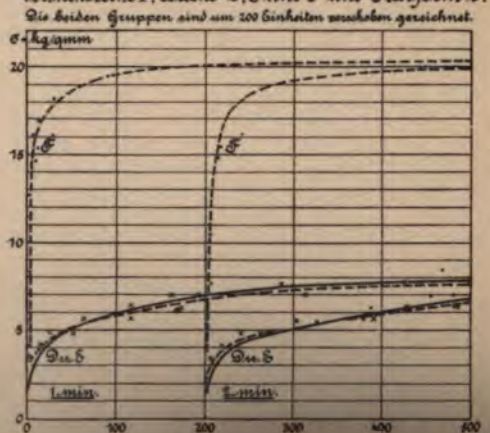


Fig. 29. Nachstrecken $\varepsilon \cdot 10^{-6}$ in der ersten u. zweiten Minute nach dem Einspielen der Last.

Versuchsreihe I, Bleche D, E und F und Stabform B.

Die beiden Gruppen sind um 200 Einheiten verschoben gezeichnet.



THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R L

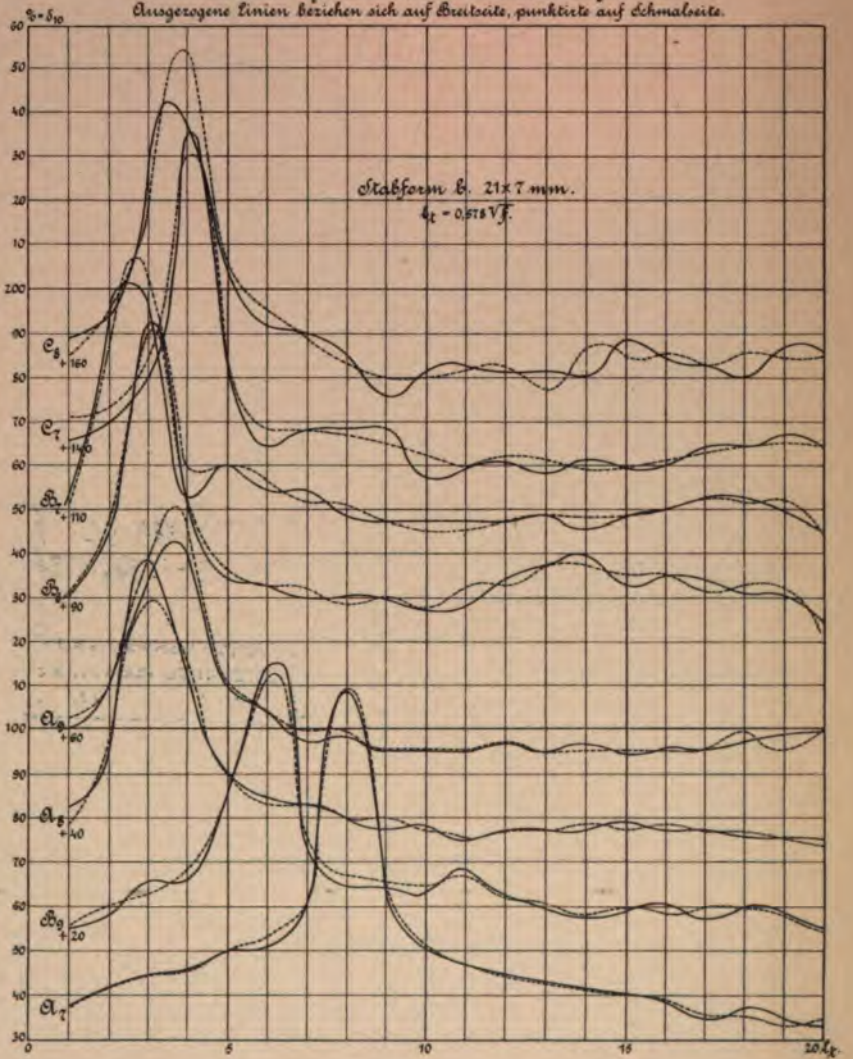
Fig. 31. Einfluss de
Stabf
Blech D

Fig. 40. Einfluss de
auf
(Flußeisen) na
Dehnungen δ für l
Die eingeschriebenen

Die Linienzüge ei

Fig. 37. Kupferbleche A, B u. C.
Dehnung in den einzelnen Theilungen.

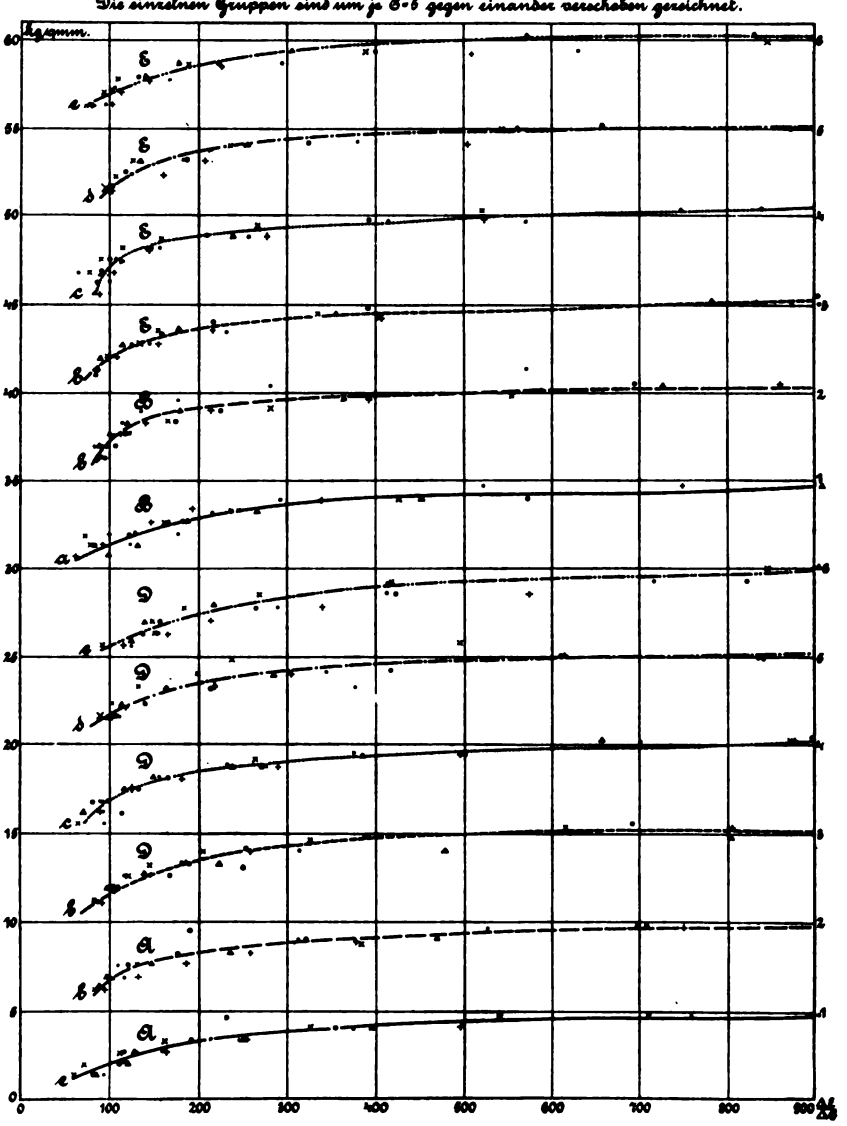
Ausgezogene Linien beziehen sich auf Breitseite, punktirte auf Schmalseite.

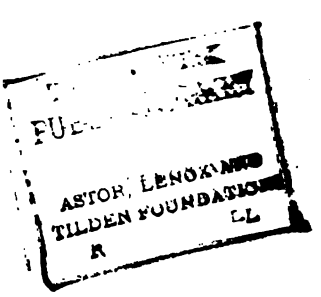


THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS

Fig. 26. Dehnungszuwachs für die Stufe $\frac{\Delta l}{l_0} \cdot 10^{-6}$ bei wachsender Spannung σ.
Versuche V 1-6, Bleche A & D E und Stabformen a bis e.
Die einzelnen Gruppen sind um je 6·5 gegen einander verschoben gezeichnet.




ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS

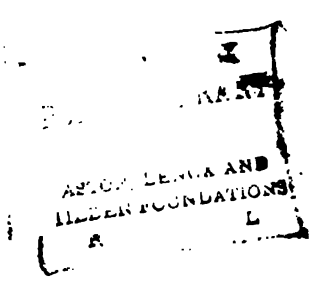


Fig. 60. Kupferblech A. Stabform a.
Dehnungen in den einzelnen Theilungen.

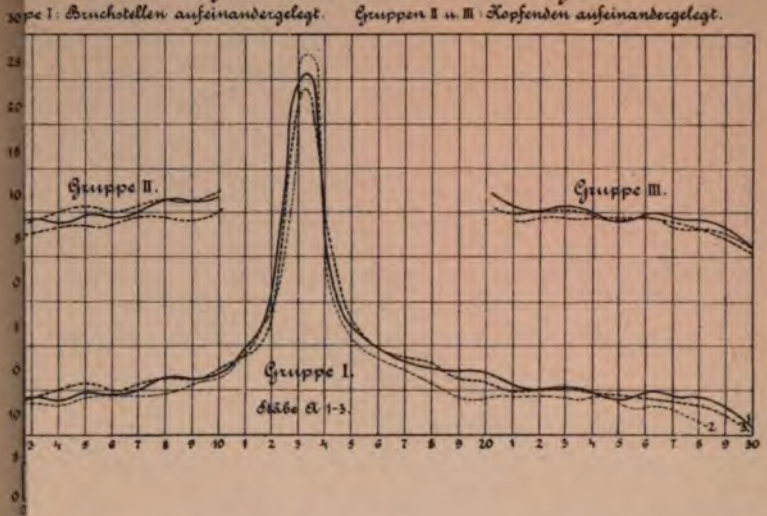
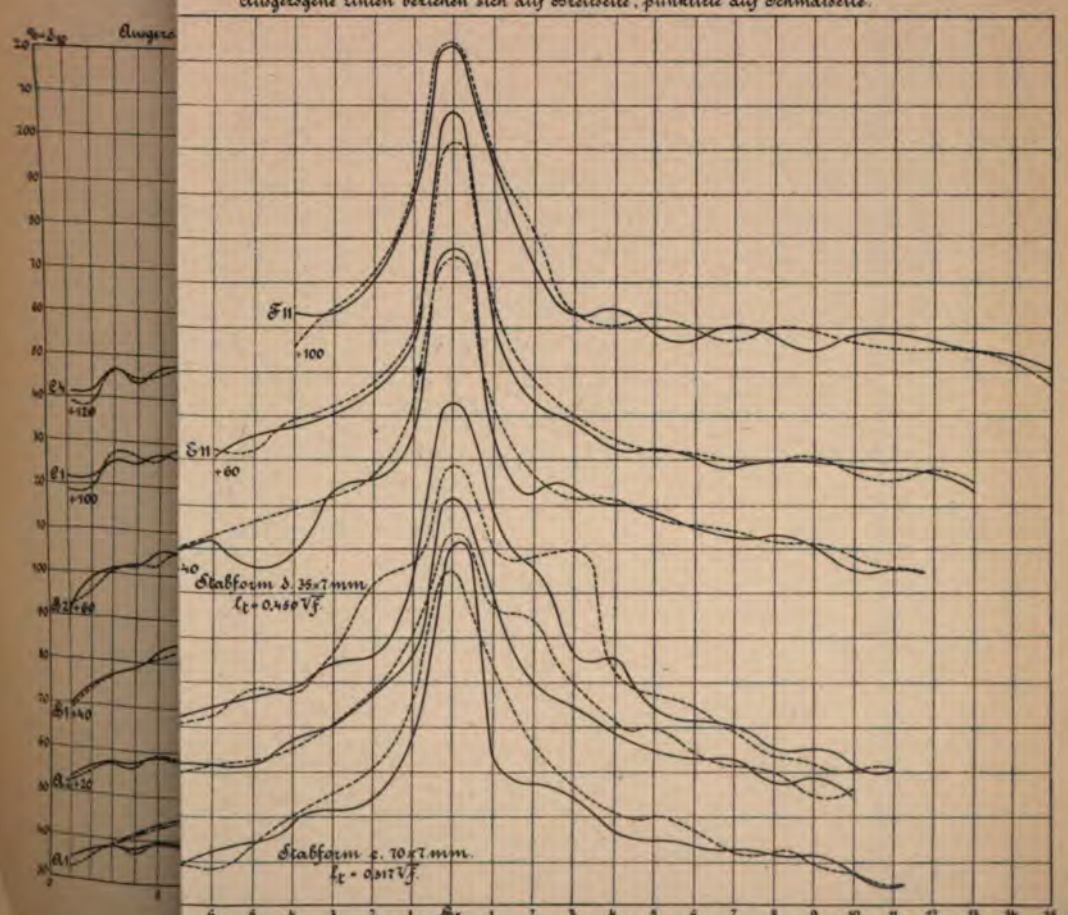


Fig. 57. Kupferbleche D, E u. F. Dehnungen in den einzelnen Theilungen.
Ausgezogene Linien beziehen sich auf Breitseite, punktirte auf Schmalseite.



THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
K L

Fig. 71. Summen der specifischen Schlagarbeiten (mkg/ccm) welche zur Erzielung bestimmter Höhen aufgewendet werden müssen, wenn die Bleche zuvor von 12 mm auf 10 oder 7 mm Dicke gehämmert wurden.

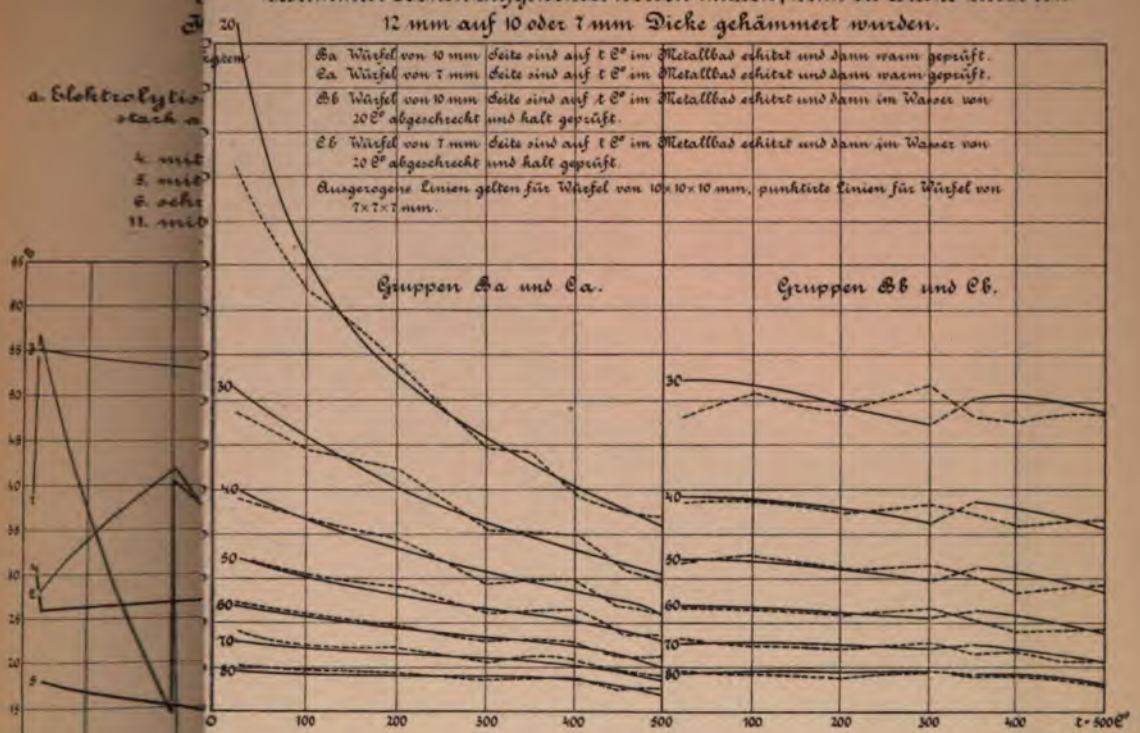
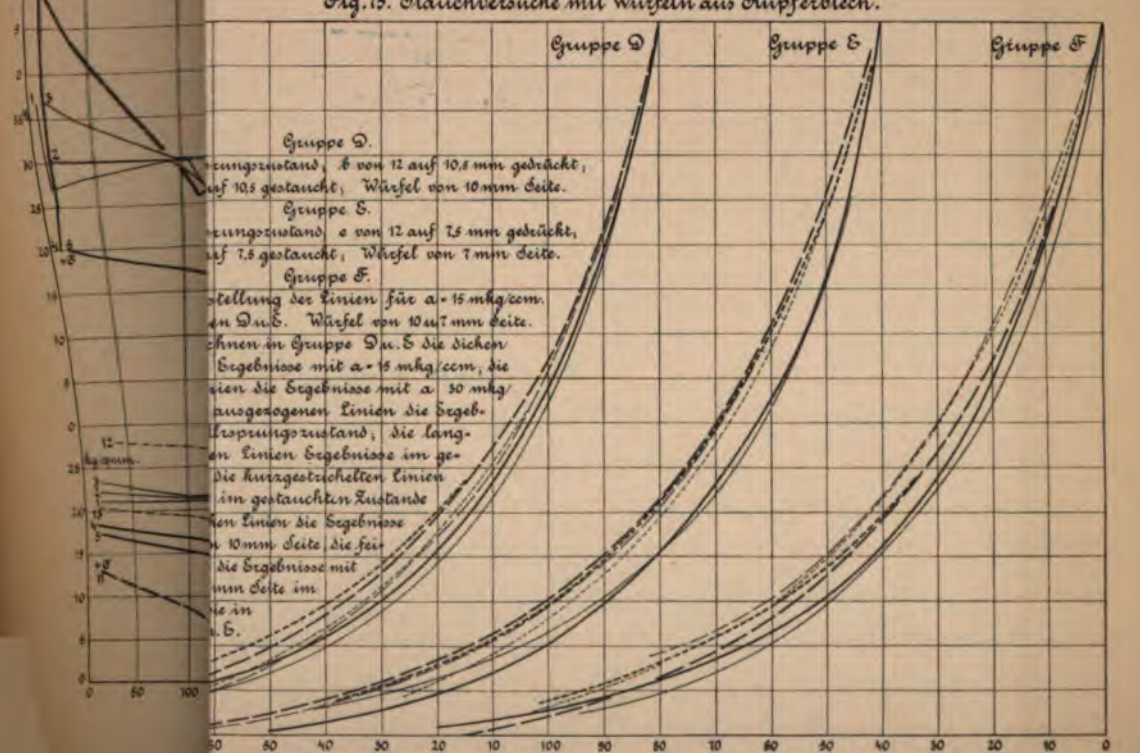


Fig. 75. Stauchversuche mit Würfeln aus Kupferblech.



Gruppe D.
...ungszustand, b von 12 auf 10,8 mm gedrückt; ...uf 10,5 gestaucht; Würfel von 10 mm Seite.

Gruppe E.
...ungszustand, c von 12 auf 7,5 mm gedrückt, ...uf 7,5 gestaucht; Würfel von 7 mm Seite.

Gruppe F.
...stellung der Linien für a = 15 mkg/ccm. ...n D u. E. Würfel von 10 u. 7 mm Seite. ...chnen in Gruppe D u. E die dicken ...Ergebnisse mit a = 15 mkg/ccm, die ...ien die Ergebnisse mit a = 30 mkg/ ...ausgezogenen Linien die Ergeb- ...Ursprungszustand, die lang- ...en Linien Ergebnisse im ge- ...Die kurzgestrichelten Linien ...im gestauchten Zustande ...en Linien die Ergebnisse ...n 10 mm Seite, die fei- ...die Ergebnisse mit ...mm Seite im ...ie in ...u. E.

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
K L

Fig. 71. Summen der specifischen Schlagarbeiten (mkg/ccm) welche zur Erzielung bestimmter Höhen aufgewendet werden müssen, wenn die Bleche zuvor von 12 mm auf 10 oder 7 mm Dicke gehämmert wurden.

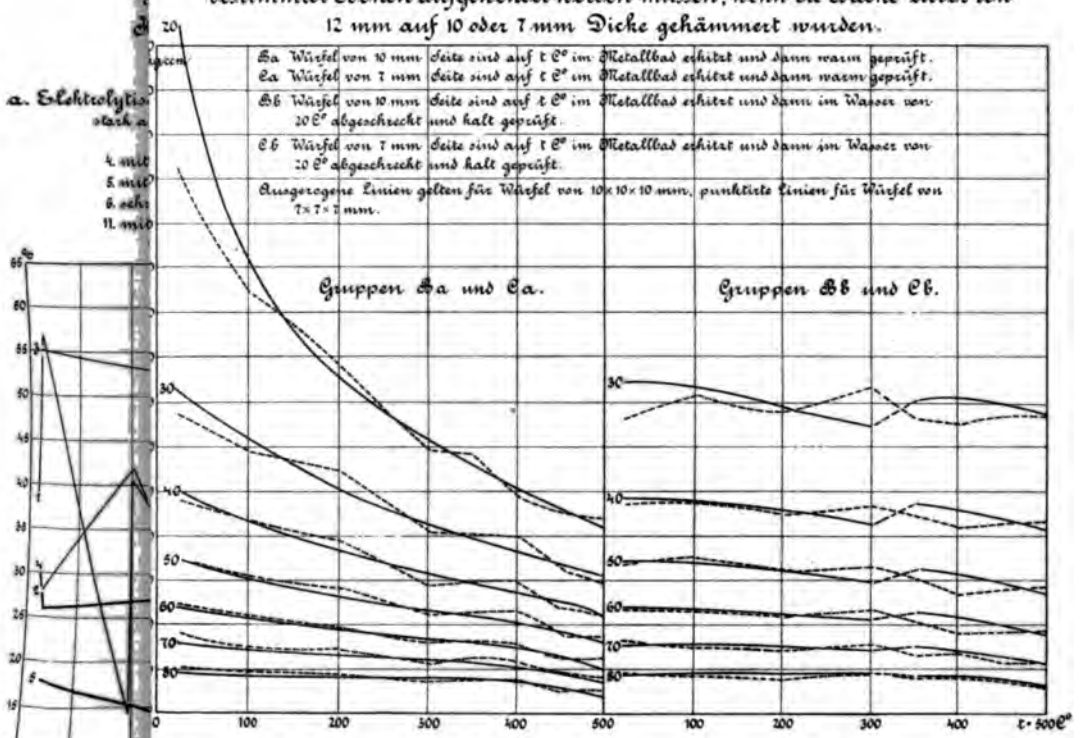
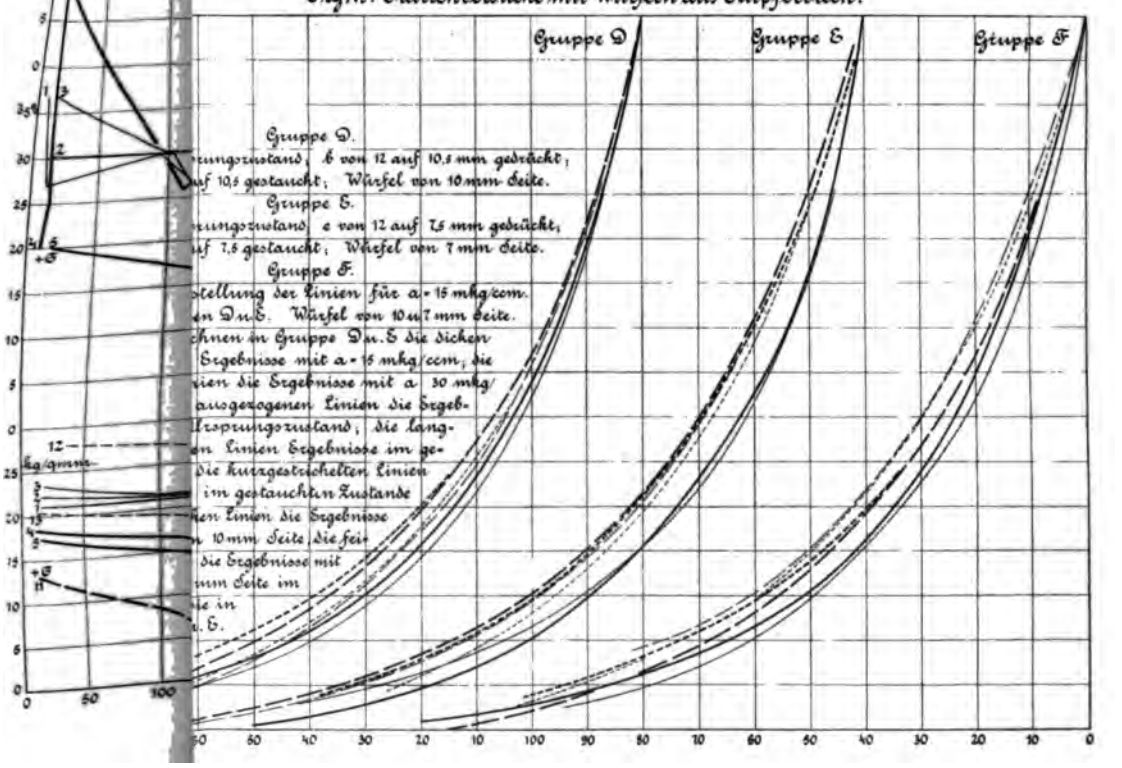


Fig. 75. Stauchversuche mit Würfeln aus Kupferblech.



THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS

Professor Dr. Emil Paul Böhme †.

Am 29. October starb der Vorsteher der Königlichen Prüfungsstation für Baumaterialien an der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, der Professor Dr. Emil Paul Böhme nach schwerem Krankenlager im Alter von 56 Jahren.

Am 5. September 1838 in Berlin geboren, empfing Böhme seine technische Ausbildung an dem früheren Gewerbe-Institut und war dann nach mehrjähriger Thätigkeit im Maschinenbauwesen Hülfslehrer für darstellende Geometrie und Maschinenzeichnen an dem gleichen, inzwischen in die Gewerbe-Akademie umgewandelten Institut. Nebenher war Böhme als Civil-Ingenieur und mit großem Erfolg auch als Leiter einer Privatschule zur Ausbildung von Maschinentechnikern thätig. Im Jahre 1871 erwarb er sich auf Grund einer mathematischen Arbeit von der philosophischen Fakultät der Universität Göttingen das Doktordiplom, und im gleichen Jahre wurde ihm die Leitung der an der Gewerbe-Akademie mit Hülfe der früher schon von Brix benutzten Apparate errichteten Stelle übertragen, durch welche „den Baubeamten und dem bauenden Publikum die Gelegenheit gegeben wird, unter gehöriger Aufsicht Druckproben mittelst einer geeigneten hydraulischen Presse vorzunehmen".

Aus sehr bescheidenen Anfängen hat also Böhme durch unermüdlichen Fleiß und gewissenhafte Pflichterfüllung diese Prüfungsstelle für Bausteine in die jetzige Königliche Prüfungsstation für Baumaterialien übergeführt. Ueber die Arbeiten der Anstalt berichtete er zuerst in den Verhandlungen des Vereins für Gewerbefleiß. Auch auf der Weltausstellung in Melbourne war die Station durch einen umfangreichen Bericht über ihre Entstehung und Thätigkeit sowie durch eine vollständige Sammlung der von ihr benutzten Apparate nebst Cementproben vertreten. In den letzten Jahren sind die Arbeiten Böhmes fast ausschließlich in den „Mittheilungen aus den Königlichen technischen Versuchs-Anstalten" erschienen.

Wesentliche Verdienste hat Böhme sich besonders um die Portland-Cementindustrie erworben, indem er zum großen Theil in gemeinschaftlicher Arbeit mit

dem Verein der Portland-Cementfabrikanten die Prüfungsmethoden vervollkommnete und an dem Ausbau der Normen zur Prüfung von Portland-Cement arbeitete. So trug er bei zur Klärung der Sandfrage, stützte die deutsche Exportindustrie durch Vergleichung des russischen Normalsandes mit dem preußischen, trat für die jetzt übliche Würfelform der Druckprobe von 50 qcm Querschnitt ein, wies die Unzulässigkeit der Annahme fester Verhältnisse zwischen Zug- und Druckfestigkeit von Cement nach. Bei Abänderung der Normen für die Prüfung von Portland-Cement wurde die Einführung eines einheitlichen Einschlageapparates nothwendig und die Wahl fiel auf Grund von gemeinsam mit der Industrie ausgeführten Versuchen auf den Böhmeschen Hammerapparat. Böhme hat sich durch seine Arbeiten die Anerkennung der Portland-Cementindustrie erworben.

Die rege Thätigkeit und Pflichttreue Böhmes wurde im Jahre 1886 durch die Verleihung des Rothen Adlerordens 4. Kl. belohnt; im Jahre 1889 erfolgte die Ernennung zum Professor und im Jahre 1890 die Auszeichnung durch das Ritterkreuz des dänischen Danebrog-Ordens.

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

XII. Jahrgang. 1894. Viertes Heft.

Bekanntmachung.

Untersuchung von Schmierölen.

Nachdem der Herr Minister der öffentlichen Arbeiten vor einiger Zeit angeordnet hat, daß die Beschaffung der Schmieröle für den ganzen Bereich der Staatsbahnverwaltung künftig durch die Königlichen Eisenbahndirektionen zu Berlin und Cöln erfolgen solle, ist von demselben nunmehr bestimmt worden, daß die Untersuchung der Submissions- und Lieferungsproben von Schmierölen, soweit solche nicht, wie bisher, schon in eigenen Laboratorien oder durch eigene Beamte bewirkt werde, allgemein der mechanisch-technischen Versuchsanstalt zu übertragen sei.

Berlin, den 3. Oktober 1894.

Königliche Kommission zur Beaufsichtigung der technischen Versuchsanstalten.
Schultz.

1. Preßspanprüfungen.

Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg.

Im Nachfolgenden sollen die Prüfungsergebnisse, welche bei der Untersuchung einer Reihe verschiedener Preßspansorten in der Versuchsanstalt gewonnen wurden, mitgetheilt werden; diese Mittheilung erfolgt besonders mit Rücksicht darauf, daß in der Fachliteratur zur Zeit über die Eigenschaften und Prüfung von Preßspänen kaum etwas aufzufinden ist; vielleicht bedarf es nur einer Anregung, um die doch gewiß an verschiedenen Stellen gesammelten Erfahrungen bezüglich der Eigenschaften dieses besonderen Erzeugnisses der Papierindustrie an die Oeffentlichkeit zu bringen. Die in der Versuchsanstalt ausgeführten Prüfungen dienten theils dazu, die Eigenschaften von Preßspänen bezüglich der Stoffzusammensetzung und Festigkeit zu bestimmen, theils gewisse besondere Fragen zu beantworten, die für den Antragsteller mit Rücksicht auf den praktischen Verwendungszweck der Preßspäne in Frage kamen.

Versuchsreihe I.

Auf Antrag einer Fabrik sollten sechs verschieden gefärbte Preßspansorten auf ihre Festigkeit und Stoffzusammensetzung und ferner daraufhin untersucht werden, ob die Proben nach siebenstündigem Lagern in einem 100 C° warmen Raum hinsichtlich der Festigkeit verändert würden. Die gewonnenen Versuchsergebnisse sind in nachfolgender Tab. 1 (Seite 138) zusammengestellt.

Tabelle 1. Ergebnisse der Untersuchung von 6 Preßspansorten.

Laufende Nr.	Farbe des Preßspans	Festigkeitseigenschaften: Im Anlieferungszustand – Reißlänge km: Starke Richtung	Schwache Richtung	Mittel	Dehnung %: Starke Richtung	Schwache Richtung	Mittel	Nach 7stündigem Trocknen bei 100 C°: Reißlänge km: Starke Richtung	Schwache Richtung	Mittel	Verhältnißzahl	Dehnung %: Starke Richtung	Schwache Richtung	Mittel	Verhältnißzahl	Faserstoffe des Preßspans	Aschengehalt %	Dicke mm	Gewicht des Quadratmeters g
1	braun	6,08	3,90	**4,99**	11,4	17,3	**14,4**	6,38	3,87	**5,13**	103	11,3	16,0	**13,7**	95	Leinen und Baumwolle	1,3	0,47	544
2	braun	3,52	2,08	**2,80**	5,0	7,5	**6,3**	3,90	2,32	**3,11**	111	5,5	8,0	**6,8**	108	Leinen und geringe Mengen Baumwolle	2,7	0,56	673
3	blau	6,97	3,44	**5,21**	8,1	13,6	**10,9**	6,70	3,50	**5,10**	98	8,2	14,3	**11,3**	104	Leinen und Baumwolle	0,4	0,51	559
4	braun	5,50	2,66	**4,08**	8,3	10,5	**9,4**	6,03	3,16	**4,60**	113	7,0	6,6	**6,8**	72	Leinen, Baumwolle und geringe Mengen Holzschliff	3,3	0,43	491
5	blau	6,21	3,07	**4,64**	9,4	15,0	**12,2**	6,54	3,36	**4,95**	107	9,1	13,9	**11,5**	94	Leinen, Baumwolle und geringe Mengen Holzschliff	0,3	0,50	549
6	braun	3,56	1,75	**2,66**	6,2	9,0	**7,6**	3,80	1,93	**2,87**	108	5,7	8,0	**6,9**	91	Baumwolle und Leinen	10,3	0,55	552

Sämmtliche Versuche sind ausgeführt bei Zimmerwärme und einem Feuchtigkeitsgehalt der Luft = 65 %.

Ein Einfluß des siebenstündigen Trocknens bei 100 C° ist aus den in der Tabelle niedergelegten Werthen nicht zu ersehen; die Unterschiede in der Reißlänge und Dehnung vor und nach dem Trocknen dürften wohl, da sich eine Gesetzmäßigkeit nicht erkennen läßt, in allen sechs Fällen auf die unvermeidliche Ungleichmäßigkeit des Materials an sich zurückzuführen sein. Wie bereits früher nachgewiesen[1]), traten selbst bei sehr gleichmäßig und sorgfältig gearbeiteten Papieren, bei Streifen, die unmittelbar nebeneinander aus einem Bogen entnommen wurden, Unterschiede in den Werthen für Reißlänge und Bruchdehnung auf, die z. B. bei einem aus reinen Leinenlumpen gearbeiteten Urkundenpapier bis zu 10 % betrugen; es ist zu vermuthen, daß diese Unterschiede bei Preßspänen noch größer sein werden, und daß die in Tab. 1 auftretenden Schwankungen bei den Festigkeitswerthen vor und nach dem Trocknen innerhalb des durch die Ungleichmäßigkeit des Materials bedingten Spielraums liegen.

Auffallend sind neben den theilweise ziemlich hohen Werthen für die Reißlänge der Preßspäne deren außerordentlich hohe Dehnungsziffern, die wohl von anderen Erzeugnissen der Papierindustrie bisher nicht erreicht sein dürften.

Im Uebrigen lassen die gefundenen Versuchsergebnisse aus Mangel an Erfahrungen auf diesem Gebiet keine weiteren besonderen Schlüsse zu; sie sind zunächst wesentlich als Sammelmaterial zu betrachten.

Versuchsreihe II.

Zwei Preßspansorten, die eine imprägnirt, die andere nicht imprägnirt, sollten bezüglich ihrer Dehnbarkeit unter dem Einfluß verschiedener Feuchtigkeit untersucht werden. Zu diesem Zweck wurden aus jeder Sorte je zwei Probestücke (1 und 2) entnommen, welche mit einem Kreuz versehen wurden, dessen beide Schenkel parallel zu den Kanten des ursprünglichen Probestückes gingen. Auf diesen beiden Schenkeln, nachfolgend mit a und b bezeichnet, wurden Marken angebracht, und der Abstand derselben bei verschiedenen Feuchtigkeitsgraden gemessen. Die Stücke 1 wurden zwischen feuchtem Fließpapier angefeuchtet, die Stücke 2 mit Wasser getränkt

[1]) Ueber Abweichungen der Werthe für Reißlänge und Bruchdehnung bei Versuchsstreifen aus demselben Bogen. „Mittheilungen" 1888, Heft 2, Seite 78.

d dann zum Trocknen aufgehängt. Zu verschiedenen Zeiten wurden dann die Gewichte der ücke ermittelt und die Entfernung zwischen den Marken gemessen. — Die Ergebnisse der rbei gemachten Beobachtungen sind in nachstehender Tab. 2 zusammengestellt.

elle 2. **Einfluß der Feuchtigkeit auf imprägnirten und nicht imprägnirten Preßspan.**

emerkungen über die wirkungsdauer	I. Imprägnirter Preßspan						II. Nicht imprägnirter Preßspan					
	Gewichte		Längen				Gewichte		Längen			
		Wassergehalt in %	a		b			Wassergehalt in %	a		b	
	g		mm	%[1]	mm	%[1]	g		mm	%[1]	mm	%[1]
ück Nr. 1, trocken . .	9,6022	—	82,07	—	82,04	—	9,4635	—	82,07	—	81,97	—
2stündigem Befeuchten	10,1114	4,26	82,08	0,01	82,08	0,05	10,0133	5,81	82,12	0,06	82,05	0,09
4 " "	11,9365	24,31	84,09	2,46	83,16	1,37	12,5955	33,09	84,71	3,21	83,41	1,76
2 " Trocknen .	10,8409	12,89	83,03	1,02	82,68	0,78	10,8890	15,06	83,53	1,78	82,92	1,16
6 " "	10,3145	7,42	82,44	0,44	82,37	0,40	9,9780	5,43	82,49	0,51	82,31	0,41
8 " "	10,2188	6,42	82,38	0,39	82,32	0,34	9,8149	3,71	82,23	0,19	82,23	0,32
9 " "	10,1164	5,35	82,17	0,12	82,26	0,25	9,7055	2,55	82,04	—0,04	82,14	0,21
7 " "	9,9921	4,06	81,98	—0,11	82,08	0,05	9,5820	1,25	81,74	—0,40	81,99	0,02
3 " "	9,9789	3,92	81,93	—0,17	82,05	0,01	9,5629	1,05	81,68	—0,48	81,94	—0,04
0 " "	9,9255	3,38	81,88	—0,23	82,03	—0,01	9,5124	0,51	81,74	—0,40	81,86	—0,14
4 " "	9,9436	3,58	81,93	—0,17	82,03	—0,01	9,5274	0,67	81,59	—0,59	81,94	—0,04
ück Nr. 2, trocken . .	7,2145	—	81,46	—	81,28	—	7,1293	—	81,48	—	81,50	—
½stündigem Befeuchten	10,6415	47,50	82,57	1,36	85,00	4,57	11,6854	63,90	82,75	1,56	86,44	6,06
" Trocknen .	7,3584	1,99	81,32	—0,17	80,93	—0,43	7,2929	2,29	81,30	—0,22	81,20	—0,36
" "	7,3419	1,77	81,36	—0,12	80,91	—0,45	7,2632	1,88	81,30	—0,22	81,24	—0,32
" "	7,3930	2,48	81,27	—0,35	80,81	—0,58	7,3164	2,62	81,35	—0,16	81,26	—0,29

[1]) Zunahme in Procenten.

Trägt man diese Ergebsse zur leichteren Uebersicht s Schaulinien, Fig. 1 und 2, f, so ergeben sich folgende

Schlußfolgerungen.

1. Der imprägnirte Preßspan nimmt die Feuchtigkeit langsamer auf und giebt sie langsamer wieder ab als der nicht imprägnirte.
2. Die Größe der Feuchtigkeitsaufnahme scheint nur geringen Einfluß auf die Verdunstungsgeschwindigkeit auszuüben.
3. Die Längenänderungen sind bei dem im-

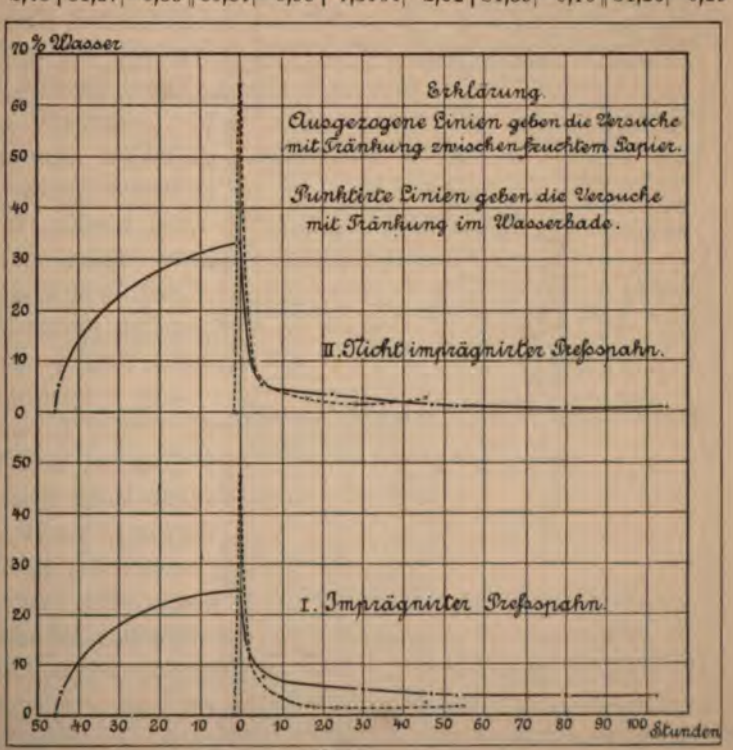


Fig. 1.

Tabelle 1. Ergebnisse der Untersuchung von 6 Preßspansorten.

Laufende Nr.	Farbe des Preßspans	Festigkeitseigenschaften: Im Anlieferungszustand – Reißlänge km: Starke Richtung	Schwache Richtung	Mittel	Dehnung %: Starke Richtung	Schwache Richtung	Mittel	Nach 7stündigem Trocknen bei 100 C°: Reißlänge km: Starke Richtung	Schwache Richtung	Mittel	Verhältnißzahl	Dehnung %: Starke Richtung	Schwache Richtung	Mittel	Verhältnißzahl	Faserstoffe des Preßspans	Aschengehalt %	Dicke mm	Gewicht des
1	braun	6,08	3,90	**4,99**	11,4	17,3	**14,4**	6,38	3,87	**5,13**	103	11,3	16,0	**13,7**	95	Leinen und Baumwolle	1,3	0,47	5
2	braun	3,52	2,08	**2,80**	5,0	7,5	**6,3**	3,90	2,32	**3,11**	111	5,5	8,0	**6,8**	108	Leinen und geringe Mengen Baumwolle	2,7	0,56	6
3	blau	6,97	3,44	**5,21**	8,1	13,6	**10,9**	6,70	3,50	**5,10**	98	8,2	14,3	**11,3**	104	Leinen und Baumwolle	0,4	0,51	5
4	braun	5,50	2,66	**4,08**	8,3	10,5	**9,4**	6,03	3,16	**4,60**	113	7,0	6,6	**6,8**	72	Leinen, Baumwolle und geringe Mengen Holzschliff	3,3	0,43	4
5	blau	6,21	3,07	**4,64**	9,4	15,0	**12,2**	6,54	3,36	**4,95**	107	9,1	13,9	**11,5**	94	Leinen, Baumwolle und geringe Mengen Holzschliff	0,3	0,50	5
6	braun	3,56	1,75	**2,66**	6,2	9,0	**7,6**	3,80	1,93	**2,87**	108	5,7	8,0	**6,9**	91	Baumwolle und Leinen	10,3	0,55	5

Sämmtliche Versuche sind ausgeführt bei Zimmerwärme und einem Feuchtigkeitsgehalt der Luft = 65 %.

Ein Einfluß des siebenstündigen Trocknens bei 100 C° ist aus den in der Tabelle niedergelegten Werthen nicht zu ersehen; die Unterschiede in der Reißlänge und Dehnung vor und nach dem Trocknen dürften wohl, da sich eine Gesetzmäßigkeit nicht erkennen läßt, in allen sechs Fällen auf die unvermeidliche Ungleichmäßigkeit des Materials an sich zurückzuführen sein. Wie bereits früher nachgewiesen[1]), traten selbst bei sehr gleichmäßig und sorgfältig gearbeiteten Papieren, bei Streifen, die unmittelbar nebeneinander aus einem Bogen entnommen wurden, Unterschiede in den Werthen für Reißlänge und Bruchdehnung auf, die z. B. bei einem aus reinen Leinenlumpen gearbeiteten Urkundenpapier bis zu 10 % betrugen; es ist zu vermuthen, daß diese Unterschiede bei Preßspänen noch größer sein werden, und daß die in Tab. 1 auftretenden Schwankungen bei den Festigkeitswerthen vor und nach dem Trocknen innerhalb des durch die Ungleichmäßigkeit des Materials bedingten Spielraums liegen.

Auffallend sind neben den theilweise ziemlich hohen Werthen für die Reißlänge der Preßspäne deren außerordentlich hohe Dehnungsziffern, die wohl von anderen Erzeugnissen der Papierindustrie bisher nicht erreicht sein dürften.

Im Uebrigen lassen die gefundenen Versuchsergebnisse aus Mangel an Erfahrungen auf diesem Gebiet keine weiteren besonderen Schlüsse zu: sie sind zunächst wesentlich als Sammelmaterial zu betrachten.

Versuchsreihe II.

Zwei Preßspansorten, die eine imprägnirt, die andere nicht imprägnirt, sollten bezüglich ihrer Dehnbarkeit unter dem Einfluß verschiedener Feuchtigkeit untersucht werden. Zu diesem Zweck wurden aus jeder Sorte je zwei Probestücke 1 und 2 entnommen, welche mit einem Kreuz versehen wurden, dessen beide Schenkel parallel zu den Kanten des ursprünglichen Probestückes gingen. Auf diesen beiden Schenkeln nachfolgend mit a und b bezeichnet, wurden Marken angebracht, und der Abstand derselben bei verschiedenen Feuchtigkeitsgraden gemessen. Die Stücke 1 wurden zwischen feuchtem Fließpapier angefeuchtet, die Stücke 2 mit Wasser gemäßt

[1]) Ueber Abweichungen der Werthe für Reißlänge und Bruchdehnung bei Versuchsstreifen aus demselben Bogen. „Mittheilungen" 1895, Heft 2, Seite 75.

und dann zum Trocknen aufgehängt. Zu verschiedenen Zeiten wurden dann die Gewichte der Stücke ermittelt und die Entfernung zwischen den Marken gemessen. — Die Ergebnisse der hierbei gemachten Beobachtungen sind in nachstehender Tab. 2 zusammengestellt.

Tabelle 2. **Einfluß der Feuchtigkeit auf imprägnirten und nicht imprägnirten Preßspan.**

Bemerkungen über die Einwirkungsdauer	I. Imprägnirter Preßspan						II. Nicht imprägnirter Preßspan					
	Gewichte		Längen				Gewichte		Längen			
		Wassergehalt in %	a		b			Wassergehalt in %	a		b	
	g		mm	%[1]	mm	%[1]	g		mm	%[1]	mm	%[1]
Probestück Nr. 1, trocken . .	9,6022	—	82,07	—	82,04	—	9,4635	—	82,07	—	81,97	—
Nach 2stündigem Befeuchten	10,1114	4,26	82,08	0,01	82,08	0,05	10,0133	5,81	82,12	0,06	82,05	0,09
„ 44 „ „	11,9365	24,31	84,09	2,46	83,16	1,37	12,5955	33,09	84,71	3,21	83,41	1,76
„ 2 „ Trocknen .	10,8409	12,89	83,03	1,02	82,68	0,78	10,8890	15,06	83,53	1,78	82,92	1,16
„ 6 „ „	10,3145	7,42	82,44	0,44	82,37	0,40	9,9780	5,43	82,49	0,51	82,31	0,41
„ 23 „ „	10,2188	6,42	82,38	0,39	82,32	0,34	9,8149	3,71	82,23	0,19	82,23	0,32
„ 29 „ „	10,1164	5,35	82,17	0,12	82,26	0,25	9,7055	2,55	82,04	—0,04	82,14	0,21
„ 47 „ „	9,9921	4,06	81,98	—0,11	82,08	0,05	9,5820	1,25	81,74	—0,40	81,99	0,02
„ 53 „ „	9,9789	3,92	81,93	—0,17	82,05	0,01	9,5629	1,05	81,68	—0,48	81,94	—0,04
„ 80 „ „	9,9255	3,38	81,88	—0,23	82,03	—0,01	9,5124	0,51	81,74	—0,40	81,86	—0,14
„ 104 „ „	9,9436	3,58	81,93	—0,17	82,03	—0,01	9,5274	0,67	81,59	—0,59	81,94	—0,04
Probestück Nr. 2, trocken . .	7,2145	—	81,46	—	81,28	—	7,1293	—	81,48	—	81,50	—
Nach 1½stündigem Befeuchten	10,6415	47,50	82,57	1,36	85,00	4,57	11,6854	63,90	82,75	1,56	86,44	6,06
„ 17 „ Trocknen .	7,3584	1,99	81,32	—0,17	80,93	—0,43	7,2929	2,29	81,30	—0,22	81,20	—0,36
„ 23 „ „	7,3419	1,77	81,36	—0,12	80,91	—0,45	7,2632	1,88	81,30	—0,22	81,24	—0,32
„ 47 „ „	7,3930	2,48	81,27	—0,35	80,81	—0,58	7,3164	2,62	81,35	—0,16	81,26	—0,29

[1]) Zunahme in Procenten.

Trägt man diese Ergebnisse zur leichteren Uebersicht als Schaulinien, Fig. 1 und 2, auf, so ergeben sich folgende

Schlußfolgerungen.

1. Der imprägnirte Preßspan nimmt die Feuchtigkeit langsamer auf und giebt sie langsamer wieder ab als der nicht imprägnirte.
2. Die Größe der Feuchtigkeitsaufnahme scheint nur geringen Einfluß auf die Verdunstungsgeschwindigkeit auszuüben.
3. Die Längenänderungen sind bei dem im-

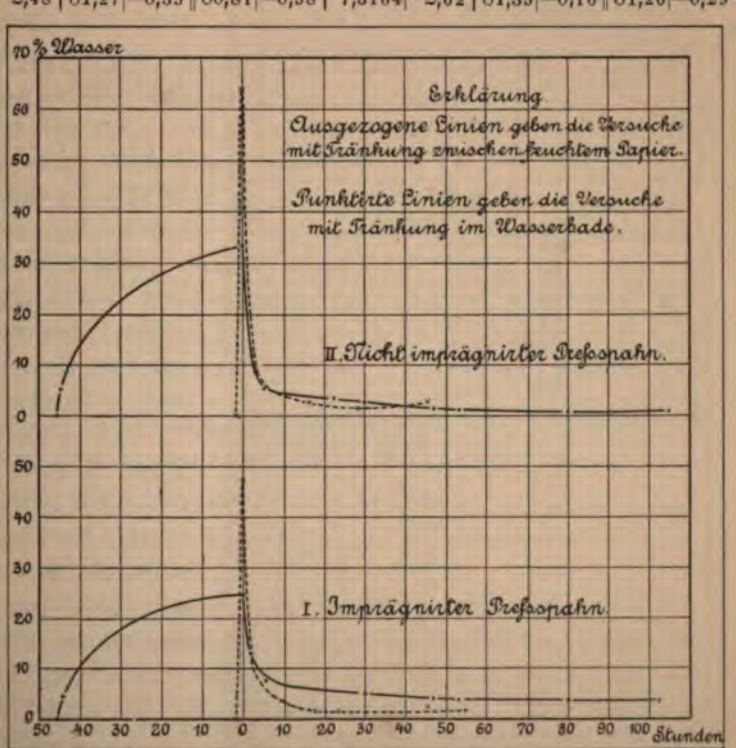


Fig. 1.

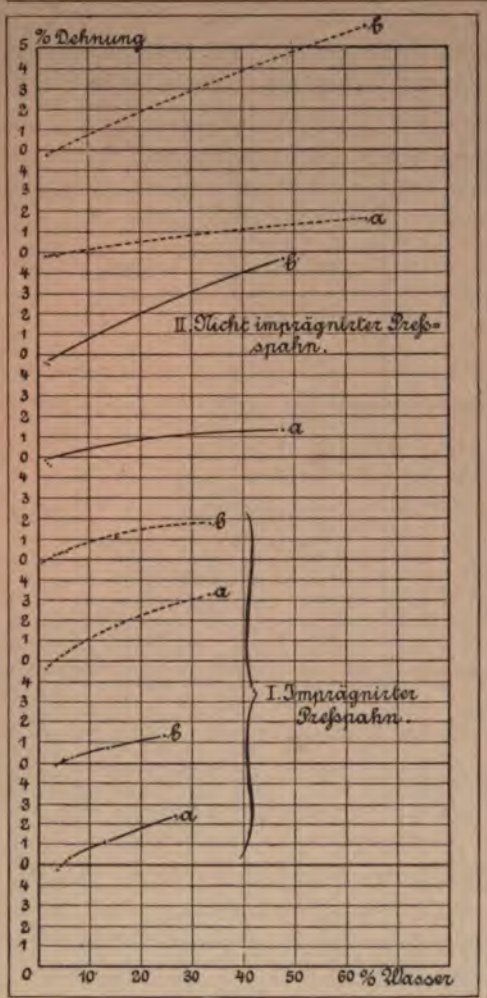


Fig. 2.

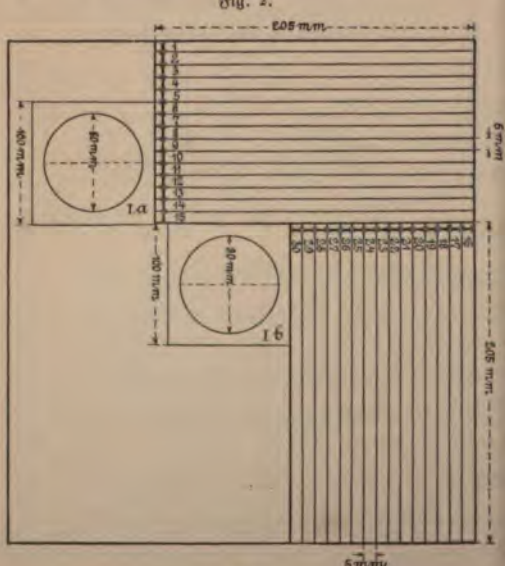


Fig. 3.

prägnirten Preßspan nur wenig kleine als bei dem nicht imprägnirten; sie vollziehen sich aber bei dem letzteren schneller als bei dem ersteren.

4. Die Differenzen in den Längenänderungen nach den beiden Hauptrichtungen der Preßspäne sind bei den nicht imprägnirten Spänen wesentlich größer als bei den imprägnirten.

Versuchsreihe III.

Mit einer imprägnirten Preßspansorte wurden nach einem mit dem Antragsteller verabredeten Arbeitsplan verschiedene Versuche ausgeführt, welche namentlich die Veränderungen des Preßspans infolge von Wärmewechsel und bei Aufbewahrung in feuchten Räumen feststellen sollten.

Der Preßspan war aus Holzschliff, Leinen, Baumwolle und Strohcellulose hergestellt und enthielt 10,75 % Asche.

Von den eingeschickten acht Bogen wurden vier für die Prüfung ausgewählt und aus diesen nach Maßgabe von Fig. 3 je 15 Probestreifen für Festigkeitsversuche nach den beiden Hauptrichtungen entnommen.

Die 180 mm langen und 5 mm breiten Streifen wurden einmal mit der Nummer des Bogens bezeichnet (I—IV) und dann laufend von 1—30, wie aus der Fig. 3 hervorgeht.

Außerdem wurden aus jedem Bogen je zwei Proben zur Ausmessung der Dehnungsgrößen entnommen, ebenfalls mit der Nummer des Bogens und außerdem mit a beziehungsweise b bezeichnet.

Die Festigkeitsversuche wurden für jeden Bogen in vier Reihen von Versuchen ausgeführt und hierzu je die Streifen 1—12 und 16—27 benutzt; die übrigen Streifen wurden für etwa nothwendig werdende Kontrolversuche zurückgelegt.

Die vier Versuchsreihen umfassen die Prüfung auf Festigkeit und Dehnung

A. im Anlieferungszustand, mit den Streifen 1, 5, 9 und 16, 20, 24 eines jeden Bogens,

B. nach ein- beziehungsweise zweimonatlichem Aufbewahren der Streifen bei Zimmerwärme und täglich vierstündigem Erhitzen derselben auf 100 C°. Als Probematerial dienten die Streifen 2, 6, 10 und 17, 21, 25 eines jeden Bogens, und zwar wurde nach einmonatlicher Dauer obiger Einwirkung aus beiden Richtungen jedes Bogens je ein Streifen zerrissen, die beiden übrigen nach zweimonatlicher Einwirkung,

C. nach ein- beziehungsweise zweimonatlichem Aufbewahren der Streifen bei Zimmerwärme, bei täglich vierstündigem Lagern zwischen feuchtem Fließpapier und Trocknenlassen an der Luft. Als Probematerial wurden die Streifen, 3, 7, 11 und 18, 22, 26 eines jeden Bogens benutzt,

D. nach gleicher Aufbewahrungsdauer wie unter C, aber ständigem Lagern der Streifen zwischen feuchtem Fließpapier und täglich vierstündigem Erhitzen der Streifen auf 100 C°. Als Probematerial dienten die Streifen 4, 8, 12 und 19, 23, 27 eines jeden Bogens.

Die Ergebnisse dieser Festigkeitsprüfungen (A—D) sind in den nachfolgenden Tab. 3 (S. 142—143) und 4 zusammengestellt.

Tabelle 4.

Bogen-Nr.	Dehnung						Reißlänge					
	Versuchsreihe A. = 100						Versuchsreihe A. = 100					
	B.		C.		D.		B.		C.		D.	
	1 Monat	2 Monat	1 Monat	2 Monat	1 Monat	2 Monat	1 Monat	2 Monat	1 Monat	2 Monat	1 Monat	2 Monat
Prüfung senkrecht zum Maschinenlauf.												
I	148	124	376	436	272	176	83	81	72	63	50	50
II	113	93	248	257	170	117	88	79	77	67	55	52
III	152	100	393	470	351	200	80	79	72	65	50	49
IV	71	95	345	37	116	129	76	79	72	67	45	52
Prüfung in der Richtung des Maschinenlaufes.												
I	102	87	190	195	96	65	81	77	83	75	41	47
II	100	65	175	179	85	90	85	73	84	71	46	51
III	143	83	283	257	146	186	83	74	78	63	42	48
IV	117	74	180	183	89	79	86	79	76	68	24	53

Die beiden aus jedem Bogen entnommenen 100 Quadratcentimeter großen Stücke a und b, insgesammt also acht Stück, wurden wie folgt behandelt:

1. Ia, IIa, IIIa wie oben unter C geschildert,
2. Ib, IIb, IIIb " " " B "
3. IVa und IVb " " " D "

Auf den Proben wurden Kreise von etwa 80 mm Durchmesser und in die Kreise zwei senkrecht aufeinander stehende Durchmesser gezeichnet; die Schnittpunkte der Durchmesser mit dem Kreise dienten als Marken, um die Längenänderungen der Proben nach zwei Richtungen zu ermitteln. Das Ausmessen erfolgte mit Hülfe der Mikrometerschraube (0,1254 mm Ganghöhe) einer Theilmaschine, und zwar wurden zunächst nur die Abweichungen von 80 mm Länge

Tabelle

Bogen-Nr.	A. Sofort nach Eingang der Proben		Nach einem Monat									
			Bogen-Nr.	B. Die Streifen wurden bei Zimmerwärme aufbewahrt, täglich jedoch 4 Stunden auf 100° erhitzt		Bogen-Nr.	C. Die Streifen wurden täglich ca. 4 Stunden in feuchtes Fließpapier gelegt und dann an der Luft getrocknet		Bogen-Nr.	D. Die Streifen wurden in feuchtem Fließpapier aufbewahrt und dann ca. 4 Stunden bei 100° getrocknet	
	Dehnung %	Reißlänge km		Dehnung %	Reißlänge km		Dehnung %	Reißlänge km		Dehnung %	Reißlänge km
Prüfung ſenkrecht											
I	2,6	2,13	I			I			I		
	2,3	2,19		3,7	1,81		9,4	1,56		6,8	1,09
	2,5	2,22									
Sa.	7,4	6,54									
Mittel	2,5	2,18									
II	4,3	2,43	II			II			II		
	5,2	2,43		5,2	2,14		11,4	1,86		7,6	1,32
	4,3	2,39									
Sa.	13,8	7,25									
Mittel	4,6	2,42									
III	2,6	2,35	III			III			III		
	2,6	2,45		4,1	1,98		10,6	1,79		9,5	1,24
	2,9	2,60									
Sa.	8,1	7,40									
Mittel	2,7	2,47									
IV	4,2	2,20	IV			IV			IV		
	3,3	2,16		2,7	1,66		13,1	1,57		4,4	0,99
	3,9	2,21									
Sa.	11,4	6,57									
Mittel	3,8	2,19									
Prüfung in der Richtung											
I	6,3	5,33	I			I			I		
	4,2	5,14		5,3	4,22		9,9	4,32		5,0	2,15
	5,2	5,22									
Sa.	15,7	15,69									
Mittel	5,2	5,23									
II	4,8	4,38	II			II			II		
	5,3	4,43		5,2	3,73		9,1	3,66		4,4	2,03
	5,6	4,31									
Sa.	15,7	13,12									
Mittel	5,2	4,37									
III	3,1	4,39	III			III			III		
	3,3	4,47		5,0	3,63		9,9	3,41		5,1	1,85
	4,0	4,34									
Sa.	10,6	13,20									
Mittel	3,5	4,40									
IV	6,3	4,45	IV			IV			IV		
	6,4	4,42		7,6	3,87		11,7	3,39		5,8	1,09
	6,6	4,53									
Sa.	19,3	13,44									
Mittel	6,5	4,48									

Nach dem zweiten Monat

Bogen-Nr.	B. Die Streifen wurden bei Zimmerwärme aufbewahrt, täglich jedoch ca. 4 Stunden lang auf 100° erhitzt		Bogen-Nr.	C. Die Streifen wurden täglich ca. 4 Stunden in feuchtes Fließpapier gelegt und dann an der Luft getrocknet		Bogen-Nr.	D. Die Streifen wurden in feuchtem Fließpapier aufbewahrt, dann ca. 4 Stunden lang bei 100° getrocknet	
	Dehnung %	Reißlänge km		Dehnung %	Reißlänge km		Dehnung %	Reißlänge km
m Maſchinenlauf.								
I	2,9	1,69	I	10,4	1,34	I	4,4	1,11
	3,2	1,82		11,3	1,40		4,4	1,07
Sa.	6,1	3,51		21,7	2,74		8,8	2,18
Mittel	3,1	1,76		10,9	1,37		4,4	1,09
II	4,0	1,86	II	9,1	1,48	II	4,3	1,16
	4,6	1,97		14,4	1,75		6,5	1,37
Sa.	8,6	3,88		23,5	3,23		10,8	2,53
Mittel	4,3	1,92		11,8	1,62		5,4	1,27
III	2,5	1,89	III	11,7	1,56	III		
	2,8	2,01		13,6	1,63		5,4	1,22
Sa.	5,3	3,90		25,3	3,19			
Mittel	2,7	1,95		12,7	1,60		5,4	1,22
IV	2,8	1,65	IV	13,6	1,39	IV	5,0	1,13
	4,3	1,82		14,1	1,53		4,7	1,14
Sa.	7,1	3,47		27,7	2,92		9,7	2,27
Mittel	3,6	1,74		13,9	1,46		4,9	1,14
s Ma chinen aufes.								
I	4,2	4,01	I	10,2	3,84	I	2,8	2,21
	4,7	4,05		10,3	3,95		4,9	2,68
Sa.	8,9	8,06		20,5	7,79		7,7	4,89
Mittel	4,5	4,03		10,3	3,90		3,9	2,45
II	2,0	2,84	II	8,7	2,94	II	4,5	2,18
	4,7	3,58		9,9	3,24		4,8	2,32
Sa.	6,7	6,42		18,6	6,18		9,3	4,50
Mittel	3,4	3,21		9,3	3,09		4,7	2,25
III	2,1	3,11	III	7,0	2,51	III	5,0	2,14
	3,6	3,43		11,0	3,06		4,0	2,11
Sa.	5,7	6,54		18,0	5,57		9,0	4,25
Mittel	2,9	3,27		9,0	2,79		4,5	2,13
IV	4,2	3,40	IV	11,8	3,01	IV	4,2	2,23
	5,3	3,63		12,0	3,08		5,9	2,48
Sa.	9,5	7,03		23,8	6,09		10,1	4,71
Mittel	4,8	3,52		11,9	3,05		5,1	2,36

Tabelle 5.

Zeichen des Bogens	Zeichen der Probe	Lage der Marke	Abweichungen bei den Messungen am 6. Mai 1886 Ursprünglicher Zustand	17. Mai	31. Mai	8. Juli	28. Juli
I	a	horizontal	— 0,200	— 1,82	— 6,26	— 8,00	— 6,70
		vertikal	+ 0,85	— 0,52	— 2,34	— 3,33	— 2,81
	b	horizontal	+ 0,43	— 1,56	— 2,81	— 4,05	— 1,99
		vertikal	+ 0,52	— 0,58	— 0,84	— 1,53	— 0,25
II	a	horizontal	+ 0,55	— 4,56	— 8,23	—10,00	— 9,30
		vertikal	+ 0,43	— 2,74	— 4,39	— 5,55	— 5,10
	b	horizontal	+ 0,60	— 1,53	— 1,98	— 2,20	— 0,45
		vertikal	— 0,42	— 0,68	— 0,78	— 1,10	— 0,10
III	a	horizontal	— 0,26	— 2,24	— 5,02	— 5,70	— 5,13
		vertikal	— 0,33	— 2,54	— 6,89	— 7,55	— 6,79
	b	horizontal	— 0,25	— 1,32	— 1,93	— 2,73	— 1,18
		vertikal	± 0,00	— 2,13	— 3,045	— 3,95	— 2,00
IV	a	horizontal	+ 0,23	— 3,82	— 7,40	—10,50	— 6,40
		vertikal	— 0,08	— 3,02	— 5,93	— 6,88	— 5,10
	b	horizontal	± 0,00	— 3,96	— 6,14	— 8,20	— 6,93
		vertikal	— 0,37	— 3,30	— 7,84	—10,56	— 7,30

als Umdrehungen der Mikrometerschraube ermittelt und in Tab. 5 zusammengestellt, während Tab. 6 (Seite 145) die errechneten wirklichen Längenänderungen und Tab. 7 (Seite 145) die Längenänderungen in Prozenten der ursprünglichen Länge angiebt.

Schlußfolgerungen.

Nach ein- beziehungsweise zweimonatlichem Aufbewahren des Preßspans bei Zimmerwärme und

b) täglich vierstündigem Erhitzen auf 100 C°, oder

c) " " Lagern zwischen feuchtem Fließpapier und Trocknenlassen an der Luft, oder

d) ständigem Lagern zwischen feuchtem Fließpapier und täglich vierstündigem Erhitzen auf 100 C° nimmt die Festigkeit des Preßspans ab, die Dehnung zu.

Die Festigkeitsabnahme ist am größten bei der Behandlung zu d, die Dehnungszunahme am größten bei der Behandlung zu c.

Gleichzeitig mit der Aenderung der Festigkeitseigenschaften geht eine wenn auch nur geringe Schrumpfung des Preßspans vor sich.

Versuchsreihe IV.

Zwei verschiedene braungefärbte Preßspansorten (H und K) zeigten bei längerem Gebrauch zum Pressen von Tuch eigenthümliche Zerstörungserscheinungen und zwar die Probe K in erheblich höherem Grade als H; die Bogen im Format von etwa 50 × 50 cm zeigten Risse und Sprünge, und Theile derselben, namentlich die aus der Mitte des Bogens, brachen beim Umbiegen wie Glas, während die Ränder sich verschiedene Male hin- und zurückknissen ließen, ohne zu brechen. Ferner zeigte die Mitte der Bogen bei beiden Sorten eine etwas dunklere Färbung als die Ränder.

Tabelle 6. | Tabelle 7.

Zeichen des Bogens	Zeichen der Probe	Lage der Marke	Entfernung der Marken in mm bei den Messungen am 6. Mai	17. Mai	31. Mai	8. Juli	28. Juli	Längenänderungen in %, bezogen auf die ursprüngliche Länge 17. Mai	31. Mai	8. Juli	28. Juli
I	a	horizontal	79,98	79,78	79,23	79,01	79,17	0,25	0,85	1,20	1,10
		vertikal	80,1	79,94	79,71	79,59	79,65	0,21	0,49	0,64	0,57
	b	horizontal	80,05	79,81	79,65	79,50	79,75	0,30	0,50	0,69	0,38
		vertikal	80,06	79,93	79,90	79,81	79,97	0,16	0,20	0,32	0,11
II	a	horizontal	80,07	79,44	78,98	78,77	78,85	0,79	1,36	1,63	1,53
		vertikal	80,05	79,66	79,46	79,32	79,37	0,49	0,74	0,91	0,85
	b	horizontal	80,07	79,81	79,76	79,73	79,94	0,32	0,39	0,42	0,16
		vertikal	79,95	79,92	79,90	79,86	79,99	0,04	0,06	0,11	+0,05
III	a	horizontal	79,97	79,72	79,38	79,30	79,37	0,31	0,74	0,84	0,75
		vertikal	79,96	79,69	79,15	79,07	79,16	0,34	1,01	1,11	1,00
	b	horizontal	79,97	79,84	79,76	79,66	79,85	0,16	0,26	0,39	0,15
		vertikal	80,00	79,74	79,62	79,51	79,75	0,33	0,48	0,61	0,31
IV	a	horizontal	80,03	79,53	79,09	78,70	79,21	0,62	1,17	1,66	1,02
		vertikal	79,90	79,63	79,27	79,16	79,37	0,34	0,79	0,93	0,66
	b	horizontal	80,00	79,51	79,25	78,99	79,15	0,61	0,94	1,26	1,06
		vertikal	79,95	79,59	79,03	78,70	79,10	0,45	1,15	1,56	0,94

Der Antragsteller beantragte eine Festigkeitsprüfung beider Proben und schickte hierfür von jeder Sorte einige Bogen ein, die zwar auch schon in Gebrauch genommen waren, die Zerstörungserscheinungen aber noch nicht zeigten. Für die Zwecke der vorliegenden Veröffentlichung dehnte dann die Versuchsanstalt die Prüfung weiter auf die viel benutzten Preßspäne aus, um eventuell noch Anhaltspunkte zur Erklärung des eigenthümlichen Verhaltens der Preßspäne zu gewinnen. Die gefundenen Ergebnisse sind in nachstehender Tab. 8 zusammengestellt.

Tabelle 8.

Lfd. Nr.	Preßspan	Festigkeitseigenschaften: Reißlänge km, Starke Richtung	Reißlänge km, Schwache Richtung	Reißlänge km, Mittel	Dehnung %, Starke Richtung	Dehnung %, Schwache Richtung	Dehnung %, Mittel	Faserstoffe des Preßspans	Aschengehalt %	Dicke mm	Gewicht des Quadratmeters g
1	H. a) wenig benutzte Probe . . .	4810	2730	3770	4,1	7,1	5,6	Leinen u. Baumwolle, geringe Mengen Jute	4,0	0,50	566
	b) viel benutzte Probe . . .	3020	1610	2315	1,5	1,5	1,5				
2	K. a) wenig benutzte Probe . . .	3050	2110	2580	3,7	1,8	2,8	Baumwolle, Leinen, Zusatz Holz- u. Strohcellulose, geringe Mengen Holzschliff	8,5	0,61	690
	b) viel benutzte Probe . . .	2300	1760	2030	1,9	1,2	1,6				

Aus Tab. 8 ergiebt sich zunächst, daß bei beiden Proben H und K die Festigkeitseigenschaften infolge längerer Benutzung erheblich heruntergegangen sind; bei der Dehnung der Probe H tritt diese Erscheinung in ganz auffallender Weise zu Tage, indem sie von 5,6 auf 1,5 sinkt.

Sehr bemerkenswerth sind die Dehnungswerthe bei der Probe K insofern, als d[illegible]e Dehnung in der starken Richtung größer ist als in der schwachen; es ist indessen wohl [illegible] vermuthen, daß diese Abweichung von der Regel schon auf die stattgehabte Einwirkung zurü[illegible] zuführen ist.

Ferner zeigt die Tabelle, daß die Probe H aus festeren und besseren Stoffen hergestell[illegible] ist als Probe K, auch nur etwa halb so viel Asche enthält als letztere; die Farbe der Asch[illegible] ist in beiden Fällen gelbbraun, was auf eine Färbung mit Ocker schließen läßt.

Der Unterschied in dem Verhalten beider Proben während des Gebrauchs, indem, wie schon bemerkt, K erheblich brüchiger wurde als H, ist wohl auf die verschiedene Güte der beiden Preßspäne hinsichtlich der Stoffzusammensetzung und Festigkeit zurückzuführen.

Ueber die Ursache des Brüchigwerdens an sich kann, da nähere Angaben über die Art der Verwendung der Preßspäne fehlen, nichts sicheres ausgesagt werden. Die Vermuthung der Versuchsanstalt geht dahin, daß es sich hierbei in erster Linie um eine Wärmewirkung handelt.

Wenn man Papiere, Pappen, Preßspäne ꝛc. längere Zeit dem Einfluß höherer Wärme aussetzt, sie beispielsweise in einem Trockenkasten auf etwa 90 C° erhitzt, so gehen tiefgreifende Aenderungen mit ihnen vor sich. Die Proben bräunen sich mehr und mehr, die Festigkeits- und Dehnungswerthe gehen mehr und mehr zurück, und schließlich gelangt das Material in einen Zustand, in dem es seine früheren Eigenschaften gänzlich verloren hat; bei dem geringsten Versuch, es zu biegen, bricht es ab, etwa wie eine dünne Gipsplatte, und die Bruchstelle zeigt keine Spur einer faserigen Beschaffenheit der Probe mehr; die Fasern sind also völlig zerstört.

Wenn wir nun nach einer Verwendung für Preßspäne suchen, bei welcher letztere längere Zeit bei höherer Wärme gehalten werden, so finden wir eine solche beispielsweise in der Tuchfabrikation.

Hier werden die Preßspäne zum Glätten des Stoffes benutzt und zwar in folgender Weise. Auf ein heißes Blech kommt zunächst ein Preßspan, dann eine Lage Wolltuch, dann wieder ein Preßspan und wieder ein Tuch und so fort; zum Schluß kommt wieder ein heißes Blech. Dieser Stoß kommt dann in einen warmen Raum unter die Presse. Die Preßspäne sind hier den Einflüssen höherer Wärme ausgesetzt, namentlich der in jedem Falle unten und oben liegende, und wenn der Einfluß der Wärme auch nicht so schnell zu beobachten sein wird wie oben für etwa 90 C° angegeben, so wird er doch allmählich auftreten; in einem gleich noch zu besprechenden Fall wurde mitgetheilt, daß der Zerfall des Preßspans nach 2—3jähriger Benutzung eintrat. Eigenthümlich ist die Erscheinung, die auch in dem folgenden Fall beobachtet wurde, daß nämlich die Zerstörung des Preßspans in der Mitte des Bogens erfolgte, während die Ränder verhältnißmäßig wenig verändert wurden.

Bei den in der Versuchsanstalt ausgeführten Versuchen zeigte sich noch, daß beim Erhitzen von Papier, Pappe ꝛc. diejenigen Proben sich besonders schnell verändern, die Holzschliff enthalten. Da die untersuchte Preßspansorte K Holzschliff enthält, so ist ihr ungünstiges Verhalten der Probe H gegenüber vielleicht mit hierauf zurückzuführen.

Endlich mag auch die Frage angeregt werden, ob der Gehalt der Preßspäne an Eisenoxyd nicht vielleicht mit zu der Veränderung beigetragen hat. Das Eisenoxyd spielt bekanntlich in vielen Fällen die Rolle eines Sauerstoffübertragers, indem es die Eigenschaft hat, einen Theil seines Sauerstoffes an eine geeignete Umgebung abzugeben unter gleichzeitigem Ersatz desselben aus der atmosphärischen Luft. Dieses vorausgesetzt würde im vorliegenden Fall die

Cellulose der Fasern in die überaus brüchige Oxycellulose übergeführt und somit eine Zerstörung des Preßspans veranlaßt werden.

Der oben erwähnte zweite Fall der Zerstörung eines Preßspans, welcher zur Kenntniß der Versuchsanstalt gekommen ist, war folgender:

Ein brauner Preßspan war 2—3 Jahre zum Pressen von Tuch benutzt worden und war hierbei einem mäßigen Druck und mäßiger Wärme ausgesetzt; hierbei zeigten sich, besonders, wie im vorigen Fall, in der Mitte des Bogens eigenthümliche Zerstörungserscheinungen. Die oberste und unterste Schicht des Preßspans befand sich in verhältnißmäßig gutem Zustande, während die dazwischenliegenden Theile ganz pulverförmig waren. Aus Fig. 4 sind die Zer-

Fig. 4.

störungserscheinungen ersichtlich. Sie zeigt ein Stück des betreffenden Preßspanes; ein Theil der oberen gut erhaltenen Decke ist nach außen umgeschlagen, um die zwischenliegenden, pulvrigen, sich bei dem geringsten Biegen abschilfernden Theile besser zu zeigen.

Um festzustellen, ob die inneren zerstörten Lagen des Spanes etwa aus anderen Rohstoffen hergestellt seien als die äußeren gut erhaltenen, wurde ein nach dem Rande zu entnommenes noch gut erhaltenes Stück des Preßspans schichtenweise untersucht. Ein Unterschied in den Schichten konnte hierbei nicht nachgewiesen werden; der Span bestand durchweg aus Baumwolle, Leinen und einem Zusatz von Strohcellulose und Holzschliff; er hinterließ 10,2% Asche von rothbrauner Färbung, welche erhebliche Mengen Eisenoxyd enthielt.

Hinsichtlich der zu vermuthenden Ursache der Zerstörung des Preßspans wird auf das oben Gesagte verwiesen.

Wenn sich in dem zuletzt geschilderten Fall noch die auffallende Erscheinung zeigt, daß die inneren Schichten angegriffen sind, die äußeren indessen nicht, so spielt hier vielleicht der Fettgehalt der äußeren Schichten eine Rolle; letztere nehmen, wie man wohl mit ziemlicher Sicherheit annehmen darf, aus dem Wolltuch, mit dem sie in der Wärme und unter Druck in Berührung sind, geringe Mengen Fett auf, welche dann wohl in der Lage sein können, die Fasern bis zu einem gewissen Grade zu schützen. Jedoch ist dies nur eine Vermuthung, deren Werth erst durch weitere Beobachtungen festgestellt werden kann.

Vielleicht sind an anderen Stellen schon ähnliche Erfahrungen mit Preßspänen gemacht, vielleicht sind auch die Ursachen des Zerfallens schon festgestellt; weitere Mittheilungen hierüber würden den Fachkreisen gewiß sehr erwünscht sein.

Zum Schluß seien noch die Ergebnisse der Prüfung von vier Preßspansorten auf Faser- und Aschengehalt mitgetheilt; weitere Untersuchungen konnten wegen der geringen Menge des zur Verfügung gestellten Materials nicht ausgeführt werden.

Tabelle 9.

Lfd. Nr.	Farbe des Preßspans	Stoffzusammensetzung	Aschengehalt % und Farbe
1	braun	Baumwolle, Leinen, Holzcellulose	6,38 gelbbraun
2	braun	Baumwolle, Leinen, Holzcellulose	6,03 "
3	braun	Leinen, Baumwolle	3,18 "
4	graubraun	Leinen, geringe Mengen Baumwolle	2,54 "

Nach Abschluß der Arbeit ging der Versuchsanstalt mit Bezug auf die unter Versuchsreihe IV besprochenen Beobachtungen seitens der Fabrik, welche die Preßspäne in Verwendung hatte, noch eine werthvolle Mittheilung über die Art der Verwendung zu. Hiernach wurden die Späne abwechselnd mit Tuch geschichtet, die Stapel darauf mit einer vorgewärmten eisernen Platte bedeckt und dann unter einem Druck von 150 bis 300[1]) Atmosphären 8—12 Stunden lang, je nachdem es die Qualität des behandelten Tuches erforderte, bei Wärmegraden von 60—110 C° gepreßt. In manchen Fabriken sollen auch statt der vorher direkt erwärmten Preßplatten durch Dampf zu heizende Platten Verwendung finden.

Nach diesen Mittheilungen unterliegt es wohl kaum noch einem Zweifel, daß der bei Fall IV geschilderte Zerfall der Preßspäne vorwiegend auf den Einfluß höherer Wärme zurückzuführen ist. Vermuthlich werden sich hierbei die Preßspäne je nach den Stoffen, aus denen sie hergestellt sind, verschieden verhalten. Späne, die z. B. Holzschliff enthalten, werden voraussichtlich schneller zerfallen, als solche aus reinen Lumpen. Es wäre für die Klärung dieser Frage sehr interessant, wenn sich z. B. eine Tuchfabrik entschließen könnte, verschiedenartig zusammengesetzte Preßspäne beim Glätten von Tuch gleichzeitig nebeneinander zu verwenden und die Veränderungen zu beobachten, die die verschiedenen Späne im Laufe der Zeit zeigen; auf diese Weise würde man allmählich feststellen können, welche Stoffzusammensetzung für Preßspäne, die höheren Wärmegraden ausgesetzt werden, am zweckmäßigsten ist.

[1]) Angaben über die Größe der gedrückten Fläche waren leider nicht gemacht, so daß die Größe des Druckes, den die Flächeneinheit des Preßspans auszuhalten hatte, nicht bekannt ist.

2. Ueber die Bestimmung der Klebkraft verschiedener Gummisorten.

Von G. Dalén, Assistent der Abtheilung für Papierprüfung.

Von einer Firma der chemischen Großindustrie wurden der Versuchsanstalt vier Proben Kunstgummi eingesandt, mit dem Ersuchen, diese auf ihre Klebkraft im Verhältniß zu Gummi arabicum zu prüfen.

Obwohl es der Versuchsanstalt trotz der vielen ausgeführten Versuche nicht gelungen ist, eine einwandfreie Prüfungsmethode zu ermitteln, und es zur Zeit nicht möglich ist, die angefangenen Versuche weiterzuführen, so sollen im Nachfolgenden doch die bisher gesammelten Erfahrungen als vorläufige Mittheilung veröffentlicht werden, um den Fachkreisen Gelegenheit zu geben, sich über den eingeschlagenen Weg sowie über die Frage im Allgemeinen zu äußern. Sobald die Umstände es erlauben, werden die Prüfungen von der Versuchsanstalt wieder aufgenommen und weitergeführt werden.

Da die Literatur in Bezug auf die Prüfung der Klebfähigkeit von Gummi keinen Anhalt giebt, so wurden zunächst die über die Prüfung von Tischlerleim veröffentlichten Methoden als Richtschnur für die Versuche gewählt. Die in dieser Beziehung vorgeschlagenen Verfahren sollen daher zunächst, soweit sie eine direkte Bestimmung der Klebkraft bezwecken, kurz besprochen werden.

Nach Karmarsch werden mit dem zu prüfenden Leim zwei Stücke Holz mit den Seitenflächen zusammengeleimt und nach dem Trocknen die Kraft bestimmt, welche zur Trennung der beiden Stücke erforderlich ist. Dieses Verfahren wird in der Artilleriewerkstatt in Spandau angewendet, nur daß hier nicht Seitenflächen, sondern Stirnflächen zusammengeleimt werden. Um hierbei zu verhindern, daß der Leim von den Poren des Holzes aufgesogen wird, müssen die Enden vorher mit Leim getränkt werden.

Nach Weidenbusch werden aus Gips gegossene Stangen mit einer 10% Lösung der zu prüfenden Leimsorte getränkt, getrocknet und auf ihre Festigkeit geprüft. Die Zunahme an Festigkeit den ungeleimten Gipsstangen gegenüber wird als Maaß für die Bindekraft angesehen.

Obschon nun keine der angeführten Prüfungsmethoden einwandfreie Zahlenwerthe für die Beurtheilung der Klebkraft einer Leimsorte ergeben hat, da die Ergebnisse in hohem Grade von der Art und dem Zustand des verwendeten Holzes, von der Konzentration der verwendeten Leimlösungen, vom Druck während des Trocknens u. s. w., abhängig sind, so wurden sie im Prinzip dennoch benutzt und die Versuche in ähnlicher Weise ausgeführt.

Da die Bindekraft eines Materials nicht allein von seiner Eigenfestigkeit, welche als ein Maximum der Bindekraft anzusehen wäre, sondern auch zum großen Theil von seiner Adhäsion zu den zu verbindenden Körpern abhängt, so war es erforderlich, bei der Prüfung von Gummi, seinem Verwendungszweck entsprechend, in erster Linie Papier und Pappe als Hilfsmittel für die Versuche zu verwenden.

Die ersten Versuche, welche eine direkte Bestimmung der Bindekraft bezweckten, wurden mit 25prozentigen Lösungen der zu vergleichenden Gummisorten ausgeführt. Diese Konzentration mußte deshalb gewählt werden, weil die Kunstgummisorten bei größerer Verdünnung zu dünnflüssig waren und die aufgestrichene Menge Lösung von den Poren des Papiers fast vollständig aufgesogen wurde.

Die Versuche wurden in folgender Weise ausgeführt.

a) Aus verschiedenen Papier- und Pappsorten wurden 50 mm breite und 150 mm lange Streifen entnommen. Diese wurden, wie in Fig. 1 gezeigt ist, mit den verschiedenen Gummisorten zusammengeklebt und nach dem Trocknen in der Längsrichtung bis zum Bruch beansprucht. Hierbei trat der Bruch nie in der gummirten Fläche ein, sondern entweder riß der Streifen außerhalb der geklebten Stelle, oder es entstanden neben den gummirten Flächen, im Inneren der Pappstreifen, Risse (Fig. 2). Wurde eine sehr dichte und glatte Pappe verwendet (Preßspäne), so ließen die Pappstreifen infolge des ungenügenden Eindringens der Gummilösung sehr leicht von einander los und zwar bei so geringer Belastung, daß es unmöglich war, einen Unterschied in der Bindekraft der verschiedenen Gummisorten festzustellen.

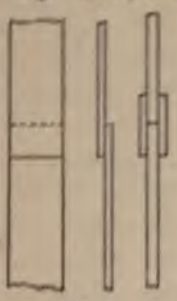


Fig. 1.

b) Auf die eine Seite kubischer Holzklötze wurde mittelst Tischlerleim Pappe geleimt (Fig. 3) und je zwei in solcher Weise hergestellte Klötze mit den Pappflächen mittelst Gummi aufeinandergeklebt; dann wurde nach dem Trocknen die Kraft bestimmt, welche zur Trennung der beiden Körper nöthig war. Die Pappflächen wurden sowohl unmittelbar als auch nach vorhergehender Tränkung mit der betreffenden Gummilösung zusammengefügt. Auch hier trat der Bruch nicht in der gummirten Schicht ein, sondern innerhalb einer der Pappscheiben. Auch durch direktes Zusammenkleben von Holzklötzen oder durch Zusammenkleben von aus Pappscheiben hergestellten Klötzen gelang es nicht, brauchbare Werthe zu erhalten. Es zeigten sich nämlich im letzteren Falle in der Gummischicht nach dem Trocknen Risse, welche ein frühzeitiges Loslassen der Klötze herbeiführten, so daß die erhaltenen Resultate unbrauchbar waren. Durch Zusatz eines hygroskopischen Mittels (Glycerin ꝛc.) würde man vielleicht bei der Anwendung von Pappklötzen brauchbare Werthe erhalten, da aber ein solcher Zusatz bei den verschiedenen Gummisorten eine ungleiche Wirkung haben könnte, so erschien er nicht ohne weiteres gerechtfertigt. Eine nicht zu unterschätzende Schwierigkeit bei den letzten Versuchen ist das Erreichen einer gleichförmigen Spannung über die ganze Fläche, sowie die Vermeidung von Stößen während der Beanspruchung, gegen die der Gummi sehr empfindlich ist. Diese Empfindlichkeit dürfte wohl ihren Grund in der sehr geringen Elastizität des Klebgummis haben.

Fig. 2.

Fig. 3.

Mit Gips wurden einige Versuche gemacht, sowohl durch Tränken von fertigen Gipskörpern mit der Gummilösung, als auch durch direktes Einrühren von Gips in die Lösung; aber es zeigte sich, daß der Gummi beim Eintrocknen fast vollständig nach der Oberfläche der Körper wandert, weshalb von weiteren Versuchen in dieser Richtung Abstand genommen wurde.[1])

Nachdem die vorerwähnten Versuche zur Ermittelung einer Methode für die direkte Bestimmung der Klebkraft von Gummi, wie gezeigt, kein zufriedenstellendes Ergebniß geliefert hatten, wurde ein indirekter Weg eingeschlagen. Zu diesem Zweck wurden aus den vier Gummisorten und aus Gummi arabicum Lösungen mit einem Gummigehalt von 5, 10, 20,

[1]) Vergl. „Mittheilungen" 1889, Seite 107.

30 und 40% hergestellt. Mit diesen Lösungen wurden Streifen aus drei Sorten Papier (ungeleimt), welche in Bezug auf Dicke, Aschengehalt sowie Art und Zustand der Faser möglichst verschieden waren, getränkt und zwischen Fließpapier behutsam von der überschüssigen Gummilösung befreit. Nach dem Trocknen bei Zimmerwärme und einer Luftfeuchtigkeit von 65% wurden die Streifen unter den gleichen äußeren Bedingungen auf ihre Festigkeit geprüft. Tab. 1 (Seite 152 u. 153) enthält eine Zusammenstellung der Ergebnisse. Die aufgeführten Zahlenwerthe sind Mittel aus je fünf Einzelversuchen, welche, wenn man von den mit der

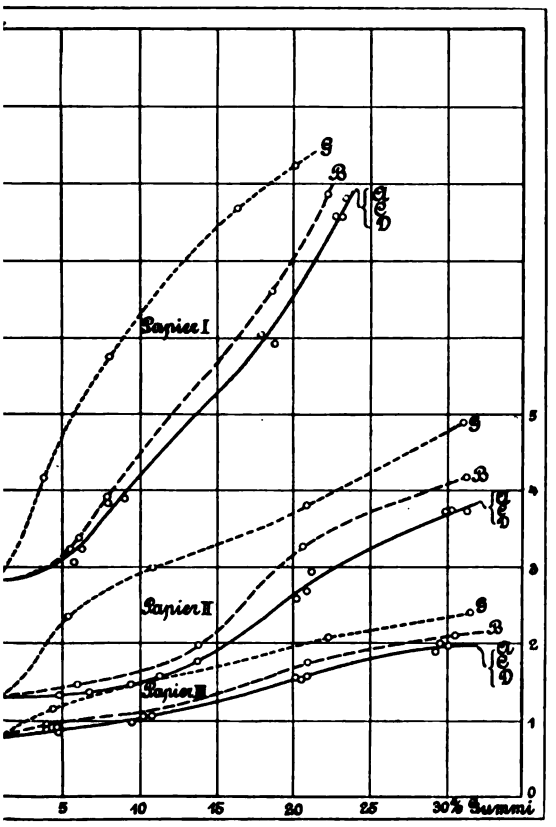


Fig. 4.

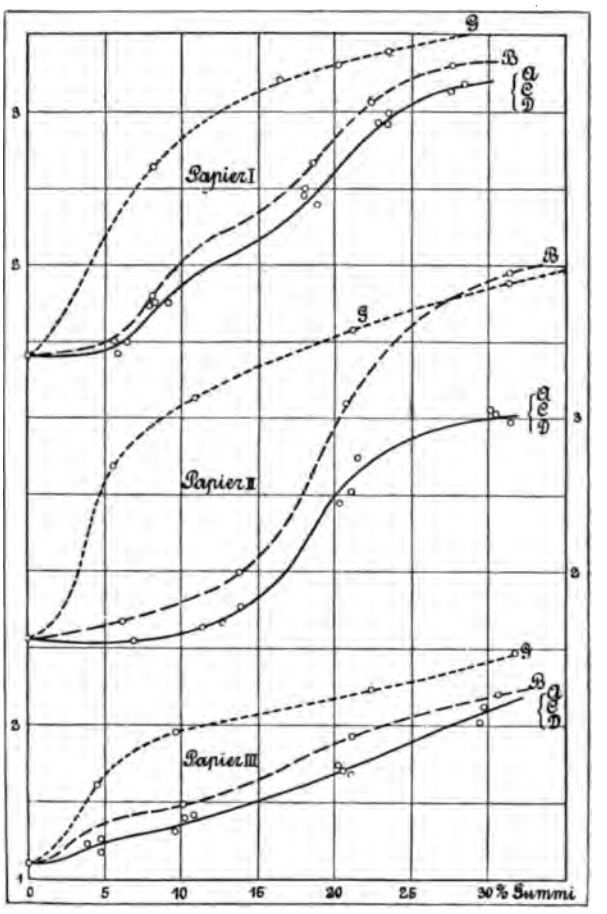


Fig. 5.

40prozentigen Lösung getränkten Streifen absieht, unter einander sehr gute Uebereinstimmung zeigen. Für die Berechnung der Reißlänge und der von den Streifen aufgenommenen Gummimenge ist das Gewicht der bei 100 C° getrockneten Streifen zu Grunde gelegt worden. Aus der Tab. 1 geht hervor, daß die drei verschiedenen Papiere beim Tränken mit derselben Gummilösung ungleiche Mengen Gummi aufgenommen haben; ebenso nimmt die gleiche Papiersorte aus den verschiedenen Gummilösungen gleicher Konzentration verschiedene Mengen des Klebstoffes auf. Da aus diesem Grunde die aufgeführten Werthe nicht direkt vergleichbar sind, sondern offenbar erst auf gleiche Mengen aufgenommenen Gummis bezogen werden müssen, so sind der besseren Uebersicht halber in Fig. 4 und 5 die Werthe für Bruchlast und Reißlänge als Schaulinien dargestellt. Aus dieser Darstellung sind dann die einem Gummigehalt der Streifen

Tabelle 1. Zusammenstellung

Gehalt der angewandten Gummilösung		5 %				10 %			
Papiersorte	Gummisorte	Gummi in den bei 100 C° getrockneten Streifen %	Bruchlast in kg	Reißlänge in km	Dehnung in %	Gummi in den bei 100 C° getrockneten Streifen %	Bruchlast in kg	Reißlänge in km	Dehnung in %
I Dicke = 0,47 mm Gewicht pro □m = 216 g Aschengehalt = 23,0 % Faserbestandtheile: Baumwolle und geringe Mengen Leinen	A	5,9	6,11	1,44	1,3	8,2	7,67	1,75	1,2
	B	6,2	6,72	1,57	1,6	8,2	7,88	1,80	1,3
	C	6,4	6,44	1,51	1,3	8,0	7,61	1,74	1,1
	D	5,7	6,42	1,51	1,4	9,1	7,77	1,76	1,2
	G. arabicum	3,8	8,31	2,00	1,6	8,2	11,48	2,63	1,8
	mit Wasser getränkt	0,0	5,27	1,31	1,5	0,0	5,02	1,24	1,4
	Papier unbehandelt	0,0	5,75	1,44	1,1	0,0	5,55	1,38	1,3
II Dicke = 0,15 mm Gewicht pro □m = 66 g Aschengehalt = 0,2 % Faserbestandtheile: Baumwolle	A	6,8	1,36	1,54	1,9	13,9	1,73	1,76	1,6
	B	6,2	1,46	1,66	2,0	13,9	1,97	1,99	1,8
	C	4,9	1,34	1,55	1,9	12,7	1,61	1,66	1,6
	D	4,9	1,31	1,51	1,9	11,3	1,57	1,64	1,4
	G. arabicum	5,5	2,35	2,69	2,9	10,9	2,98	3,12	2,7
	mit Wasser getränkt	0,0	1,03	1,24	1,7	0,0	1,14	1,34	1,8
	Papier unbehandelt	0,0	1,24	1,51	1,9	0,0	1,32	1,55	1,8
III Dicke = 0,12 mm Gewicht pro □m = 49 g Aschengehalt = 3,0 % Faserbestandtheile: Holzschliff etwa 40 %, Leinen und Baumwolle 50 %, Holz- und Strohcellulose 10 %	A	4,9	0,90	1,25	1,8	9,6	0,97	1,31	1,4
	B	4,0	0,94	1,32	1,9	10,1	1,10	1,48	1,7
	C	4,8	0,84	1,17	1,6	10,8	1,05	1,40	1,5
	D	4,0	0,87	1,22	1,9	10,3	1,03	1,38	1,4
	G. arabicum	4,5	1,15	1,60	2,0	9,6	1,44	1,95	1,9
	mit Wasser getränkt	0,0	0,78	1,14	2,1	0,0	0,77	1,16	1,9
	Papier unbehandelt	0,0	0,73	1,07	2,1	0,0	0,74	1,10	2,2

von 0, 5, 10, 15, 20, 25 und 30 % entsprechenden Werthe für Bruchlast und Reißlänge in Tab. 2 (Seite 154 u. 155) zusammengestellt.

Die Werthe für die drei mit A, C und D bezeichneten Gummisorten sind, da sie nur sehr wenig von einander abweichen und es sich hier nur darum handelt, die Methode zu zeigen, der Deutlichkeit halber in einer Schaulinie vereinigt worden. Die Werthe für die Dehnung sind, als für diese Frage ohne Bedeutung, nicht mit aufgeführt.

In den Reihen für 25 % und 30 % sind beim Papier I die Werthe für die Bruchlast ausgelassen, weil die mit diesen Lösungen getränkten Bogen in der Dicke etwas abweichen von den zu den übrigen Reihen verwendeten, wodurch die Zahlenwerthe der Bruchlast nicht direkt vergleichbar mit den übrigen sind.

Die Tab. 2 enthält außer den direkt aus den Schaulinien genommenen Werthen auch die Zunahme der Bruchlast und der Reißlänge (Reihe d und g), sowie deren

der Prüfungsergebnisse.

20 %				30 %				40 %			
Gummi in den bei 100 C° getrockneten Streifen %	Bruchlast in kg	Reißlänge in km	Dehnung in %	Gummi in den bei 100 C° getrockneten Streifen %	Bruchlast in kg	Reißlänge in km	Dehnung in %	Gummi in den bei 100 C° getrockneten Streifen %	Bruchlast in kg	Reißlänge in km	Dehnung in %
18,0	12,19	2,49	1,1	22,8	15,16	2,93	0,9	28,4	13,90	3,18	1,3
18,6	13,20	2,67	1,3	22,3	15,74	3,06	1,1	27,6	14,20	3,29	1,4
18,8	11,80	2,38	1,2	23,3	15,14	2,91	1,0	27,5	13,50	3,13	1,2
18,0	12,05	2,46	1,1	23,5	15,61	2,99	1,0	28,4	13,82	3,16	1,2
16,4	15,36	3,19	1,7	20,2	16,46	3,29	2,0	23,5	13,80	3,38	2,0
0,0	4,95	1,23	1,3	0,0	5,05	1,25	1,3	0,0	4,10	1,31	1,6
0,0	5,67	1,41	1,2	0,0	5,62	1,41	1,2	0,0	4,71	1,51	1,3
21,4	2,91	2,73	1,5	31,3	3,72	2,98	1,4				
20,6	3,26	3,09	1,8	31,3	4,19	3,95	1,8				
20,3	2,56	2,44	1,3	30,3	3,73	3,02	1,3				
21,0	2,66	2,51	1,3	30,1	3,73	3,04	1,2				
21,0	3,79	3,57	2,6	31,1	4,88	3,89	2,7				
0,0	1,09	1,30	1,6	0,0	1,19	1,39	1,6				
0,0	1,28	1,53	1,6	0,0	1,33	1,61	1,6				
20,3	1,56	1,73	1,0	30,1	1,96	2,08	1,1				
21,1	1,74	1,92	1,2	30,6	2,09	2,20	1,2				
20,6	1,52	1,69	1,0	29,4	1,90	2,02	1,1				
21,0	1,53	1,69	1,0	29,6	1,99	2,12	1,1				
22,4	2,06	2,23	1,5	31,6	2,38	2,46	1,6				
0,0	0,76	1,06	1,5	0,0	0,76	1,15	1,8				
0,0	0,76	1,06	1,7	0,0	0,77	1,16	1,9				

Verhältnißzahlen zu den für Gummi arabicum gefundenen Werthen (Reihe e und h). —

Wird nun die Zunahme von Bruchlast oder Reißlänge als Maaß für die Klebkraft des angewandten Gummis angenommen, so geben die in Reihe e und h aufgeführten Zahlen das Verhältniß der Bindekraft der verschiedenen Kunstgummisorten dem Gummi arabicum gegenüber an. Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, sind die für eine Papiersorte bei verschiedenem Gehalt an Gummi gefundenen Zahlenverhältnisse verschieden, weshalb letztere nicht als direktes Maaß für die Bindekraft angesehen werden können; auch weichen die für die verschiedenen Papiersorten gefundenen Zahlenverhältnisse bedeutend von einander ab. Wenn es aber auch unmöglich ist aus den ermittelten Werthen ein bestimmtes Maaß für die Bindekraft herauszulesen, letztere vielmehr von der Art des verwendeten Papiers sowie von der angewandten Gummimenge und anderen Umständen abhängig ist, so ergeben sich doch interessante Schlüsse auf das Verhalten und den Werth verschiedener Gummisorten.

Tabelle

Nach den Schaubildern Fig.

Gummigehalt des Papiers		0%		5%						10%						15%		
		a	b	Bruchlast			Reißlänge			Bruchlast			Reißlänge			Bruchlast		
Papiersorte	Gummisorte	Bruchlast in kg	Reißlänge in km	c in kg	d Zunahme in kg	e Verhältnißzahl	f in km	g Zunahme in km	h Verhältnißzahl	c in kg	d Zunahme in kg	e Verhältnißzahl	f in km	g Zunahme in km	h Verhältnißzahl	c in kg	d Zunahme in kg	e Verhältnißzahl
I	A C D	5,65	1,51	6,10	0,45	12	1,45	0,04	5	8,35	2,70	39	1,87	0,46	33	10,50	4,85	52
	B	5,65	1,51	6,20	0,55	15	1,50	0,09	11	8,90	3,25	47	2,05	0,64	46	11,30	5,65	61
	Gummi arabicum	5,65	1,51	9,30	3,65	100	2,20	0,79	100	12,50	6,85	100	2,80	1,39	100	14,95	9,30	100
	Papier unbehandelt			5,65			1,41			5,65			1,41			5,65		
II	A C D	1,28	1,55	1,32	0,04	4	1,55	0,00	0	1,47	0,19	12	1,60	0,05	3	1,90	0,62	31
	B	1,28	1,55	1,41	0,13	13	1,63	0,08	8	1,62	0,34	21	1,78	0,23	15	2,17	0,89	45
	Gummi arabicum	1,28	1,55	2,25	0,97	100	2,60	1,05	100	2,90	1,62	100	3,07	1,52	100	3,28	2,00	100
	Papier unbehandelt			1,28			1,55			1,28			1,55			1,28		
III	A C D	0,75	1,10	0,86	0,11	24	1,23	0,13	24	1,02	0,27	37	1,35	0,25	28	1,22	0,47	49
	B	0,75	1,10	1,00	0,25	56	1,35	0,25	45	1,10	0,35	48	1,48	0,38	44	1,33	0,58	61
	Gummi arabicum	0,75	1,10	1,20	0,45	100	1,65	0,55	100	1,48	0,73	100	1,97	0,87	100	1,70	0,95	100
	Papier unbehandelt			0,75			1,10			0,75			1,10			0,75		

Aus allen drei Versuchsreihen (I., II. und III.) geht deutlich hervor,

1. daß bei Verwendung von dünneren Lösungen, beziehungsweise bei geringeren Gummimengen der Gummi arabicum eine bedeutend größere Bindekraft oder Ausgiebigkeit als die untersuchten künstlichen Gummisorten besitzt. Dies dürfte besonders von Interesse sein in den Fällen, in denen der Gummi als Appretur oder als Schlichte Verwendung findet, indem die gefundenen Zahlenwerthe eine Unterlage für die Berechnung des Gebrauchswerthes verschiedener Gummisorten abgeben,
2. daß bei steigendem Gummigehalt die Unterschiede in der Bindekraft zwischen Gummi arabicum und den anderen Gummisorten allmählich kleiner werden,
3. daß die Gummisorte B den übrigen Sorten gegenüber ein dem Gummi arabicum mehr ähnliches Verhalten zeigt.

5 zusammengestellt.

15 %			20 %						25 %						30 %					
Reißlänge			Bruchlast			Reißlänge			Bruchlast			Reißlänge			Bruchlast			Reißlänge		
	g	h	c	d	e	f	g	h	c	d	e	f	g	h	c	d	e	f	g	h
t m	Zunahme in km	Verhältnißzahl	in kg	Zunahme in kg	Verhältnißzahl	in km	Zunahme in km	Verhältnißzahl	in kg	Zunahme in kg	Verhältnißzahl	in km	Zunahme in km	Verhältnißzahl	in kg	Zunahme in kg	Verhältnißzahl	in km	Zunahme in km	Verhältnißzahl
17	0,76	44	12,95	7,30	68	2,61	1,20	64				3,04	1,63	81				3,20	1,69	85
36	0,95	56	14,00	8,35	78	2,85	1,44	77				3,22	1,81	90				3,35	1,84	92
12	1,71	100	16,40	10,75	100	3,28	1,87	100				3,43	2,02	100				3,52	2,01	100
41			5,65			1,41						1,41						1,51		
83	0,28	16	2,60	1,32	55	2,50	0,95	48	3,42	2,14	73	2,85	1,30	60	3,67	2,39	69	3,00	1,45	63
08	0,53	30	3,15	1,87	78	2,97	1,42	71	3,70	2,42	82	3,58	2,03	94	4,07	2,79	80	3,90	2,35	102
33	1,78	100	3,69	2,41	100	3,54	1,99	100	4,22	2,94	100	3,71	2,16	100	4,75	3,47	100	3,85	2,30	100
55			1,28			1,55			1,28			1,55			1,28			1,55		
50	0,40	41	1,51	0,76	64	1,68	0,58	54	1,79	1,04	73	1,88	0,78	66	1,95	1,20	75	2,08	0,98	74
35	0,55	57	1,68	0,93	78	1,87	0,77	72	1,93	1,18	83	2,05	0,95	81	2,09	1,34	84	2,18	1,08	82
17	0,97	100	1,94	1,19	100	2,17	1,07	100	2,18	1,43	100	2,28	1,18	100	2,34	1,59	100	2,42	1,32	100
0			0,75			1,10			0,75			1,10			0,75			1,10		

Eine weitere Besprechung der Resultate dürfte zweckmäßig erst dann erfolgen, wenn die Versuche sowohl auf eine größere Anzahl von Klebstoffen (Leim, Stärke ꝛc.), als auch auf eine größere Anzahl von Papieren und andere Hilfsmaterialien ausgedehnt worden sind. Auch dürfte die Ermittelung des Verhältnisses der Zähflüssigkeit der verschiedenen Klebstoffe zu deren Bindekraft beziehungsweise zu deren Ausgiebigkeit von Interesse sein. Erst dann wird man im Stande sein zu übersehen, ob es überhaupt möglich ist, einen bestimmten und für alle Materialien zutreffenden Werth für die Bindekraft eines Klebstoffs auf diesem oder irgend einem andern ähnlichen Wege festzustellen.

3. Untersuchungen von Kalken und deren Mörteln, sowie von Kalkmörteln mit Traß- bezw. Cementzuschlägen.

Von H. Burchartz, Assistent.

Die nachstehende Zusammenstellung enthält die Ergebnisse von Kalk- und Traßuntersuchungen, welche in den Jahren 1885/86—1892/93 in der Prüfungsstation für Baumaterialien zur Ausführung gelangten.

Die Ergebnisse sind, soweit dies die Antragsteller gestatteten, unter Angabe der Firmen und des Ursprungs der Materialien veröffentlicht.

Die Untersuchungen erstreckten sich:

I. auf die Bestimmung der allgemeinen Eigenschaften der zur Prüfung eingereichten Materialien, und zwar bei den Kalken auf das Verhalten beim Ablöschen in Pulver- und Teigform, auf Ergiebigkeit, Gewicht für das Liter, Korngröße, spezifisches Gewicht und Volumenbeständigkeit, auf den Wasseranspruch der Mörtel für die Einschlagekonsistenz, für die syrupartige Gebrauchskonsistenz und für die Plattenkonsistenz der Volumenproben, sowie auf Gewicht und Korngröße der Trasse und Sande,

II. auf die Ermittelung der Zug- und Druckfestigkeit für verschiedene Altersklassen, und zwar für Proben, welche nur an der Luft erhärteten, und für solche, welche eine dem Wesen der Mörtel entsprechende Zeit an der Luft und dann unter Wasser erhärteten.

In vielen Fällen gelangte auch Cement als Zuschlag zu den Kalkmörteln zur Verwendung, der ebenfalls behufs Feststellung seiner Eigenschaften den unter I und theils auch den unter II genannten Prüfungen unterworfen wurde.

Der zu untersuchende Kalk wurde meist als gebrannter Stückkalk eingereicht und dieser zunächst zu pulverförmigem Kalkhydrat abgelöscht.

Zu diesem Zwecke wurden verschiedene, gewogene Mengen des Stückkalkes in eiserne Drahtkörbe gelegt, mit diesen so lange in ebenfalls gewogenes Wasser gehalten, bis die beim Einsenken des Kalkes entstehende Blasenbildung aufhörte. Der wassergetränkte Kalk wurde dann in eine Tonne gebracht, in welcher er zu Pulver zerfiel und bis zur Verwendung für die Herstellung der Probekörper lagerte.

Behufs Ablöschung in Teigform wurde eine bestimmte Menge Kalk in einen Bottich gebracht und unter fortwährendem Rühren die erforderliche Menge Wasser langsam zugesetzt, deren Größe durch Versuche zuvor festgestellt war.

Die Bestimmung der drei Litergewichte für den eingelaufenen, eingerüttelten und eingefüllten Zustand erfolgte für alle Probematerialien in der bei Cementen üblichen Weise.

Behufs Ermittelung der Feinheit wurde das Kalkpulver zunächst auf einem Siebe von 20 Maschen für das qcm von den groben Stücken befreit und dann auf Sieben mit 5000, 2500, 900, 600 und 324 Maschen und wo erforderlich noch auf solchen mit 240, 180, 120 und 60 Maschen abgesiebt, und der hierbei sich ergebende Rückstand bestimmt. In gleicher Weise wurde die Korngröße der übrigen Materialien ermittelt.

Das spezifische Gewicht des (geglühten) Kalkpulvers wurde mittelst des Volumenometers bestimmt.

Zur Anfertigung der Probekörper für die Zug- und Druckversuche wurden die trocken gemischten und sorgfältig durchgearbeiteten Bestandtheile (Bindemittel und Sand) derart angefeuchtet, daß die Mörtelmasse sich in der Hand ballen und sicher in die Form schlagen ließ.

Das zu verwendende Kalkpulver wurde vor dem Mischen auf einem 20 Maschensiebe abgesiebt, um etwa darin enthaltene, nicht vollkommen gelöschte und daher schädlich beeinflussende Bestandtheile zu entfernen.

Bei Verwendung von Kalkteig zu den Proben wurde dieser zunächst behufs Erzielung einer innigen Mischung dünnflüssig angerührt und ihm hierauf der Sand oder der trocken mit Traß gemischte Sand zugesetzt.

Der Mörtel fiel hierbei zu dünnbreiig aus. Um ihm das überflüssige Wasser zu entziehen, wurde er auf Gypsplatten gegossen und durch Absaugung des Wassers auf den sachgemäßen Breiigkeitsgrad gebracht.

Die fertigen Mörtel wurden sodann in die auf Metallunterlagen gelegten Formen gefüllt und mit einem Spatel von Hand eingeschlagen. Hierbei wurde besonderer Werth darauf gelegt, daß Zugproben und Druckproben derselben Mischung eine gleiche Dichte (G:V.) erhielten. Letztere wurde unmittelbar nach dem Einschlagen bestimmt. Zur Erhärtung an der Luft lagerten die Proben offen in einem feuchten Raum. Die zur Wassererhärtung bestimmten Proben wurden zunächst einige Zeit gegen Ausdunsten geschützt, trocken gelagert und dann unter Wasser gebracht. Nach Ablauf der vorgesehenen Erhärtungsdauer wurden die Versuche hintereinander durchgeführt und zwar bei den unter Wasser erhärteten Proben unmittelbar nach Entnahme aus dem Wasser.

Die Druckversuche wurden mittelst der hydraulischen Presse mit Federmanometer, die Zugversuche mittelst des Normalzugapparates ausgeführt.

Die Proben für die Versuche auf Volumenbeständigkeit, sowie auf das Haftvermögen der Mörtel am Steine wurden derart hergestellt, daß der Mörtel auf Glasplatten und Dachziegeln gebracht und in Kuchenform ausgebreitet wurde.

Hierzu wurde die gleiche Mörtelmischung, wie zu den Festigkeitsprobekörpern, jedoch mit anderem und zwar höherem Wasserzusatz, d. h. in sogenannter Plattenkonsistenz verwendet. Die Mörtelkuchen erhärteten unter den gleichen Verhältnissen wie die Festigkeitsproben und mußten, falls die in Rede stehenden Versuche als bestanden bezeichnet werden sollten, haftend, eben und rißfrei, sowie frei von Aufschwemmungen bleiben. Es mag hierbei vorab erwähnt werden, daß diese Versuche in allen Fällen bestanden wurden, weshalb auch in den nachstehenden Tabellen von einer Angabe hierüber abgesehen wurde.

In einzelnen Fällen sind auch Prüfungen der Mörtel auf Adhäsionsfestigkeit, sowie auf Wasserdichtigkeit, beziehungsweise Wasserdurchlässigkeit angestellt worden. Für die erstgenannten Versuche wurden je zwei Ziegelsteine mittelst einer Mörtelfuge über Kreuz aufeinandergemauert. Dieselben lagerten bis zum Tage der Prüfung in einem feuchten Raume. Die Fugenfläche betrug 144 qcm. Die Beanspruchung erfolgte auf Abreißen der Fuge.

Zwecks Feststellung der Wasserdurchlässigkeit wurden besondere Proben, und zwar kreisrunde Platten von 7,1 cm Durchmesser und 2,28 cm Höhe angefertigt und bei einem bestimmten Alter in den Apparat zur Prüfung der Wasserdurchlässigkeit gebracht, dessen Einrichtung in den „Mittheilungen" 1893, 228 und 235 ausführlich beschrieben ist. Bei verschiedenen Trassen wurde auch die bekannte Nadelprobe zur Ausführung gebracht.

Als Sandzusatz zu den Mörtelmischungen wurde, sofern andere Sandsorten von den Antragstellern nicht eingereicht wurden, der bekannte preußische „Normalsand" verwendet.

In den Spalten 14 und 15 der nachstehenden Tabelle bezeichnen die fettgedruckten Zahlen die mittlere Zug- beziehungsweise Druckfestigkeit in Kilogrammen für das Quadratcentimeter aus je einer Reihe von durchschnittlich fünf Versuchen, die über oder unter diesen stehenden Zahlen die in der betreffenden Reihe ermittelte Maximal- beziehungsweise Minimalfestigkeit des Mörtels.

Nr.	Name der Antragsteller (Ursprung der Materialien)	Die Ablöschung: in Pulverform – begann nach Min.	in Pulverform – war beendet in Min.	in Pulverform – beanspruchte an Wasser %	in Teigform – begann nach Min.	in Teigform – war beendet in Min.	in Teigform – beanspruchte an Wasser %	2 l Stückkalk in Wallnußgröße ergaben an: Kalkpulver – eingelaufen l	Kalkpulver – eingerüttelt l	Kalkteig butterartiger Konsistenz l	Wasser-Verlust von 100 g Kalkteig beim Glühen g	Gewicht des Kalkpulvers für 1 Liter – eingelaufen kg	Gewicht des Kalkpulvers für 1 Liter – eingerüttelt kg	Gewicht des Kalkteigs für 1 Liter kg	Rückstand des auf Siebe von 20 für 1 qcm abgesiebt pulvers auf: 5000 Maschen für 1 %	2500 %	900 %	60 %
1	Königl. Wasser-Bauinspektion zu Ruhrort; Kalkpulver aus Kalk von O. F. Alsen & Sohn in Itzehoe	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,386	0,623	—	—	—	10,6	8,
											Traß (Becker)	1,113	1,453	—	—	—	47,6	37,
											Traß (Merzbach)	1,092	1,312	—	—	—	39,5	31,
2	Marmorkalk ohne Ursprungsangabe; Traßproben zum Dockbau; Antr.: Kaiserliche chinesische Gesandtschaft zu Berlin	10	15	33	8	25	180	—	—	—	50	0,359	0,632	1,420	19,9	—	4,7	3,
											Traß	0,945	1,281	—	61	—	44	37

Ergebnisse der Nadelproben im Mittel aus je 3 Versuchen.

Mörtel-Mischung*)	Wasserzusatz %	Belastung der Nadel von 1 qmm Querschnitt für 5 mm Einsenkung in kg: 1 Tag alt	2 Tage alt	3 Tage alt	7 Tage alt	Die Proben erhärteten die ersten 24 Stunden an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser.
1 + 2	50	2,052	3,907	5,415	14,326	
1 + 1 + 1	31	1,321	1,247	1,739	4,118	
2 + 3 + 3	30	1,330	1,489	1,776	6,275	
2 + 1 + 8	19	0,923	0,245	0,507	1,845	
1 + 1 + 1	40	1,312	0,781	1,382	3,955	
1 + 2 + 2	34	1,102	1,141	1,633	6,177	
1 + 2 + 4	26	1,312	0,483	0,899	3,000	

3	Kalk u. Traß; Ursprungsangabe nicht gestattet; Antr.: Königl. Fortifikation in Königsberg	—	—	—	8	18	180	—	—	—	51	—	—	1,336	—	—	—	—
											Traß	1,037	1,407	—	60,0	—	44,0	35,6

Ergebnisse der Nadelproben im Mittel aus je 3 Versuchen.

Mörtel-Mischung*)	Wasserzusatz %	Belastung der Nadel von 1 qmm Querschnitt für 5 mm Einsenkung in kg: 1 Tag alt	2 Tage alt	3 Tage alt	7 Tage alt	Die Proben erhärteten die ersten 24 Stunden an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser.
$1\frac{1}{2}+1+1\frac{1}{2}$	31	0,542	1,059	1,769	5,563	
1 + 1 + 2	25	0,611	0,804	1,166	4,542	
6 + 7 + 48	21	1,122	1,152	1,058	1,721	
1 + 2	$20\frac{1}{2}$	1,021	0,097	0,127	0,170	

	) Rückstand des Kalkpulvers	des Traßmehls	) des Traßmehls	) des Kalkpulvers	des Traßmehls	) des Traßm
auf 240 Maschen für 1 qcm . .	5,4 %	26,6 %	23,0 %	1,8 %	25,0 %	24,0
„ 180 „ „ 1 „ . .	3,6 „	21,6 „	18,5 „	1,2 „	19,8 „	18,8
„ 120 „ „ 1 „ . .	2,4 „	18,3 „	15,5 „	0,4 „	16,8 „	14,0
„ 60 „ „ 1 „ . .	0,0 „	8,9 „	6,5 „	0,1 „	6,4 „	1,5
„ 20 „ „ 1 „ . .	— „	1,7 „	0,1 „	0,0 „	0,0 „	0,0

*) Die Mörtel-Mischungen für die Nadelproben entsprechen den für die Festigkeitsversuche benutzten Mörteln.

9. Wärme der Luft	9. Wärme des Anmache-Wassers	10. Feuchtigkeit der Luft	11. Mörtel-Mischung der Festigkeitsproben und Wasseranspruch (%)	12. Dichte der Zugproben nach dem Einschlagen	12. Dichte der Druckproben nach dem Einschlagen	13. Art der Erhärtung	14. Zugfestigkeit nach 28 Tagen	14. Zugfestigkeit nach 60 Tagen	14. Zugfestigkeit nach 90 Tagen	15. Druckfestigkeit nach 28 Tagen	15. Druckfestigkeit nach 60 Tagen	15. Druckfestigkeit nach 90 Tagen	16. Bemerkungen	17. Journ.-Nr.
C°	C°	%												
21,3	17,0	60	1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 2 „ Traßmehl + 3 „ Normalsand (15 %)	—	—	1 Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	14,00 **13,18** 12,50	—	—	—	—	—	Traß von S. & R. Becker in Mülheim a. d. R.	3471
21,2	17,0	60	desgl. (17 %)	—	—	desgl.	15,50 **14,35** 13,00	—	—	—	—	—	Traß von der Firma Merzbach & Co. in Brohl a. Rh.	3472
22,2	16,4	64	1 Gew.-Thl. Kalkteig + 2 „ Traßmehl (37 %)	1,761	—	1 Tag Luft, die übrige Zeit unter Wasser	14 Tg. 28 Tg. 15,00 16,75 **13,70** **16,20** 12,00 15,75	—	—	—	—	—	Der Traß wurde in der Station pulverisirt.	4545
			1 Gew.-Thl. Kalkteig + 1 „ Traßmehl + 1 „ Normalsand (20 %)	1,859	—	desgl.	11,00 15,50 **10,00** **14,30** 9,25 13,50	—	—	—	—	—		
			2 Gew.-Thl. Kalkteig + 3 „ Traßmehl + 3 „ Normalsand (19 %)	1,887	—	desgl.	13,00 17,00 **12,30** **16,03** 11,75 14,50	—	—	—	—	—		
			2 Gew.-Thl. Kalkteig + 1 „ Traßmehl + 8 „ Normalsand (11 %)	2,085	—	desgl.	6,50 9,25 **6,00** **8,95** 5,50 8,50	—	—	—	—	—		
			1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 1 „ Traßmehl + 1 „ Normalsand (22 %)	1,831	—	desgl.	9,50 13,00 **8,70** **12,09** 8,00 11,00	—	—	—	—	—		
			1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 2 „ Traßmehl + 2 „ Normalsand (20 %)	1,887	—	desgl.	13,75 16,25 **12,55** **15,15** 11,50 14,25	—	—	—	—	—		
			1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 2 „ Traßmehl + 4 „ Normalsand (15 %)	1,972	—	desgl.	11,00 13,75 **9,90** **12,83** 8,50 12,00	—	—	—	—	—		
22,3	16,4	68	1½ Vol.-Thl. Traßmehl + [1]) 1 „ Kalkteig + 1½ „ Normalsand (22 %)	2,000	—	48 Std. a. d. Luft, die übrige Zeit unter Wasser	13,50 21,00 25,00 **12,50** **19,98** **23,35** 11,50 18,00 22,00	—	—	—	—	—	Bei Herstellung der Mörtelmischungen wurden die Litergewichte der Substanzen im eingefüllten bezw. eingelaufenen Zustande benutzt. Der Kalkteig lagerte 14 Tage bis zur Herstellung der Probekörper.	4563
			1 Vol.-Thl. Traßmehl + [2]) 1 „ Kalkteig + 2 „ Normalsand (17 %)	2,050	—	desgl.	14,50 20,25 21,50 **13,30** **18,20** **20,38** 12,00 15,50 19,00	—	—	—	—	—		
			6 Vol.-Thl. Traßmehl + [3]) 7 „ ungelöscht. Kalk + 48 „ Normalsand (12,3 %)	2,100	—	desgl.	5,50 10,25 11,75 **4,95** **9,43** **10,50** 4,50 8,50 9,50	—	—	—	—	—		
			1 Vol.-Thl. Kalkteig + [3]) 2 „ Normalsand (12 %)	2,141	—	desgl.	1,33 2,35 2,60 **1,19** **1,88** **2,26** 1,06 1,55 2,14	—	—	—	—	—		

[1]) Zugfestigkeit nach 7 Tagen im Mittel aus 5 Versuchen: 5,25 kg.
[2]) „ „ 7 „ „ „ „ 5 „ 3,65 „
[3]) „ „ 7 „ „ „ „ 5 „ 1,72 „
[3]) „ „ 7 „ „ „ „ 5 „ 0,28 „

1.	2.	3.						4.			5.	6.			7.					
Nr.	Name der Antragsteller (Ursprung der Materialien)	Die Ablöschung						2 l Stückkalk in Wallnußgröße ergaben an			Wasser-Verlust von 100 g Kalkteig beim Glühen	Gewicht des			Rückstand des auf ein Siebe von 20 Masch für 1 qcm abgesiebten Ka pulvers auf					
		in Pulverform			in Teigform			Kalkpulver		Kalkteig		Kalkpulvers für 1 Liter		Kalkteigs für 1 Liter	5000	2500	900	600	3	
		begann nach Min.	war beendet in Min.	beanspruchte an Wasser %	begann nach Min.	war beendet in Min.	beanspruchte an Wasser %	eingelaufen l	eingerüttelt l	butterartiger Konsistenz l	g	eingelaufen kg	eingerüttelt kg	kg	Maschen für 1 qcm					
															%	%	%	%	%	
4	4 Traßmarken ohne Ursprungsangabe; Hydraulischer Kalk und Fettkalk von der Firma Rietbrock & Kröner in Lengerich; Bremer Kalk, Bremer Sand; Antr.: Oberbaudirektor Franzius in Bremen	Hydraulischer Kalk 1 | 10 | 26½			—	—	—	3,8	—	—	—	0,442	0,796	—	10,0	—	6,5	3,0	1,
		Fettkalk 2 | 20 | 33¾			—	—	—	4,1	—	—	—	0,438	0,781	—	6,0	—	4,0	1,0	0,
											Traßmarke T_1	0,943	1,366	—	48,0	—	30,0	19,5	13,
		Ergebnisse der Nadelproben im Mittel aus je 3 Versuchen.																		
		Mörtel-Mischung	Wasserzusatz %	1 Tag alt	2 Tage alt	3 Tage alt	4 Tage alt													
				Belastung der Nadel von 1 qmm Querschnitt für 5 mm Einsenkung in kg																
		1+1+1 (T_1) Hydr. Kalk . .	24	1,199	1,522	2,646	4,393				Traßmarke T_2	0,935	1,388	—	52,0	—	32,0	22,0	14,0
		1+1+1 (T_1) Fettkalk . . .	24	1,234	1,524	2,302	3,887				Traßmarke T_3	0,923	1,375	—	45,0	—	25,0	18,0	12,0
		1+1+1 (T_2) Hydr. Kalk . .	24	1,257	1,724	3,377	5,140													
		1+1+1 (T_2) Fettkalk . . .	24	1,035	1,722	3,225	4,343				Traßmarke T_4	0,948	1,379	—	52,0	—	40,0	31,5	25,0
		1+1+1 (T_3) Hydr. Kalk . .	24	0,999	1,248	2,143	3,380													
		1+1+1 (T_3) Fettkalk . . .	24	0,844	1,116	2,221	3,175													
		1+1+1 (T_1) Hydr. Kalk . .	24	0,941	1,412	2,342	3,223				Bremer Kalk	0,571	0,931	—	32,0	—	22,0	13,0	9,2
	Bremer Kalk / Bremer Sand / Traß T_4	1+1+1 (T_4) Fettkalk . . .	24	0,739	1,171	2,048	2,898				Bremer Sand	1,574	1,801							
		1+1+1 (T_4) Bremer Kalk u. Normalsand .	25	1,026	1,647	2,445	3,777													
		1+1+1 (T_4) Bremer Sand u. Kalk . . .	25	0,909	1,505	2,415	3,531													

Die Proben erhärteten die ersten beiden Stunden an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser.

[1]) Rückstand des hydraul. Kalkpulvers des Fettkalkpulvers des Traßmehls [2]) des Traßmehls T_2

auf 240	Maschen	für 1 qcm . .	1,5 %	0,0 %	8,0 %		10,0 %
„ 180	„	„ 1 „ . .	0,5 „	— „	5,0 „		6,0 „
„ 120	„	„ 1 „ . .	0,0 „	— „	3,0 „		4,0 „
„ 60	„	„ 1 „ . .	— „	— „	0,0 „		0,0 „

9. Wärme der Luft C°	9. Wärme des Anmache-Wassers C°	10. Feuchtigkeit der Luft %	11. Mörtel-Mischung der Festigkeitsproben und Wasseranspruch (%)	12. Dichte der Zugproben (nach dem Einschlagen)	12. Dichte der Druckproben (nach dem Einschlagen)	13. Art der Erhärtung	14. Zugfestigkeit nach 28 Tagen	14. Zugfestigkeit nach 60 Tagen	14. Zugfestigkeit nach 90 Tagen	15. Druckfestigkeit nach 28 Tagen	15. Druckfestigkeit nach 60 Tagen	15. Druckfestigkeit nach 90 Tagen	16. Bemerkungen	17. Journ.-Nr.
							7 Tg. / 28 Tg.			7 Tg. / 28 Tg.				
21,6	16,1	72	1 Vol.-Thl. Traßmehl(T_1)+ 1 „ hydraul. Kalk+ 1 „ Normalsand (17 %)	1,901	1,900	1 Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	10,50 / 18,50		—	48,0 / 97,6		—	Bei Herstellung der Mörtelmischungen wurden die Litergewichte der Substanzen im eingerüttelten Zustande benutzt.	4744 / 4753
							8,53 / 17,30			**44,8 / 90,6**				
							7,00 / 16,25			41,8 / 85,2				
			1 Vol.-Thl. Traßmehl(T_1)+ 1 „ Fettkalk + 1 „ Normalsand (17 %)	1,859	1,861	desgl.	6,75 / 17,00		—	35,6 / 83,7		—		
							5,36 / 14,45			**28,0 / 79,6**				
							4,25 / 13,00			20,1 / 71,3				
			1 Vol.-Thl. hydraul. Kalk+ 1,5 „ Normalsand (13 %)	2,084	2,083	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	1,23	3,11	—	6,72	13,98	—		
						Nur an der Luft	1,88	3,58	—	10,59	16,02	—		
			1 Vol.-Thl. Fettkalk + 1,5 „ Normalsand (13 %)	2,070	2,069	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	1,89	2,62	—	8,78	14,47	—		
						Nur an der Luft	2,74	4,82	—	16,53	21,18	—		
22,4	16,2	73	1 Vol.-Thl. Traßmehl(T_2)+ 1 „ hydraul. Kalk+ 1 „ Normalsand (17 %)	1,909	1,903	1 Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	10,00 / 17,00		—	46,5 / 119,4		—		
							7,95 / 14,40			**41,5 / 101,5**				
							6,50 / 13,00			37,2 / 93,0				
			1 Vol.-Thl. Traßmehl(T_2)+ 1 „ Fettkalk + 1 „ Normalsand (17 %)	1,887	1,880	desgl.	10,25 / 17,25		—	40,3 / 99,2		—		
							7,78 / 15,28			**33,8 / 89,1**				
							6,50 / 13,25			27,9 / 80,6				
20,3	16,0	68	1 Vol.-Thl. Traßmehl(T_3)+ 1 „ hydraul. Kalk+ 1 „ Normalsand (17 %)	1,916	1,917	desgl.	7,00 / 15,50		—	31,0 / 89,9		—		
							5,40 / 13,68			**25,9 / 77,2**				
							4,50 / 12,50			23,2 / 65,1				
			1 Vol.-Thl. Traßmehl(T_3)+ 1 „ Fettkalk + 1 „ Normalsand (17 %)	1,901	1,900	desgl.	6,00 / 15,50		—	29,4 / 86,8		—		
							5,38 / 14,43			**24,9 / 78,9**				
							4,25 / 13,50			21,7 / 66,6				
20,8	16,2	69	1 Vol.-Thl. Traßmehl(T_4)+ 1 „ hydraul. Kalk+ 1 „ Normalsand (17 %)	1,916	1,917	desgl.	9,50 / 20,00		—	52,7 / 105,4		—		
							7,45 / 17,18			**45,3 / 90,5**				
							6,00 / 14,00			38,8 / 82,1				
			1 Vol.-Thl. Traßmehl(T_4)+ 1 „ Fettkalk + 1 „ Normalsand (17 %)	1,901	1,900	desgl.	6,50 / 17,25		—	40,3 / 96,1		—		
							5,55 / 15,70			**34,4 / 82,9**				
							4,00 / 13,50			27,9 / 72,8				
21,2	16,3	70	1 Vol.-Thl. Traßmehl(T_4)+ 1 „ Bremer Kalk + 1 „ Normalsand (18 %)	1,916	1,912	desgl.	5,50 / 17,50		—	34,1 / 74,4		—		
							4,83 / 15,06			**28,1 / 68,2**				
							4,00 / 14,00			21,7 / 62,0				
			1 Vol.-Thl. Traßmehl(T_4)+ 1 „ Bremer Kalk + 1 „ Bremer Sand (18 %)	1,916	1,917	desgl.	4,00 / 13,75		—	23,2 / 68,2		—		
							3,53 / 12,10			**19,8 / 60,7**				
							3,25 / 10,75			15,5 / 52,7				
			1 Vol.-Thl. Bremer Kalk + 1,50 „ Normalsand (13 %)	2,084	2,083	3 Tg. a. d. Luft, die übrige Zeit unter Wasser	2,06	3,27	—	7,24	10,82	—		
						Nur an der Luft	2,51	3,94	—	10,85	18,08	—		

*) Rückstand des Traßmehls T_2 auf 346 Maschen für 1 qcm . . 9,0 %
„ 180 „ „ 1 „ „ . . 5,0 „
„ 120 „ „ 1 „ „ . . 3,5 „
„ 80 „ „ 1 „ „ . . 1,0 „
„ 50 „ „ 1 „ „ . . 0,5 „

*) des Traßmehls T_4 21,0 %
15,5 „
12,5 „
2,0 „
0,0 „

*) des Kalkpulvers (Bremer Kalk) 6,0 %
4,2 „
3,1 „
0,0 „
— „

*) des Bremer Sandes — %
— „
32,0 „
11,2 „
— „

1.	2.	3.						4.			5.	6.			7.					
Nr.	Name der Antragsteller (Ursprung der Materialien)	Die Ablöschung						2 l Stückkalk in Wallnußgröße ergaben an			Wasser-Verlust von 100 g Kalkteig beim Glühen	Gewicht des			Rückstand des auf ei Siebe von 20 Ma für 1 qcm abgesiebten K pulvers auf					
		in Pulverform			in Teigform			Kalkpulver		Kalkteig		Kalkpulvers für 1 Liter		Kalkteigs für 1 Liter	5000	2500	900	600		
		begann nach	war beendet in	beanspruchte an Wasser	begann nach	war beendet in	beanspruchte an Wasser	eingelaufen	eingerüttelt	butterartiger Konsistenz		eingelaufen	eingerüttelt		Maschen für 1 qcm					
		Min.	Min.	%	Min.	Min.	%	l	l	l	g	kg	kg	kg	%	%	%	%		
5	Kalk, Traß, Cement; Ursprungsangabe nicht gestattet; Antr.: Königl. Fortifikation in Königsberg	—	—	—	1	13	192,5	—	—	3,886	52	—	—	1,259	—	—	—	—	-	
											Traß	0,940	1,411	—	46,0	—	30,0	20,0	13,	
											Cement	1,252	1,936	—	20,0	—	2,0	0,5	0,	

Ergebnisse der Nadelproben
im Mittel aus je 3 Versuchen.

Mörtel-Mischung	Wasserzusatz %	1 Tag alt	2 Tage alt	3 Tage alt	4 Tage alt	Die Proben erhärteten die ersten 48 Stunden an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser.
		Belastung der Nadel von 1 qmm Querschnitt für 5 mm Einsenkung in kg				
$1+1^3/_4+1^3/_4$	30,5	1,731	3,799	4,759	7,170	
$1+2^1/_3+1^1/_6$	28,5	1,122	2,644	4,118	5,043	
$1+3$	19	0,272	0,383	0,309	0,330	
$1+3^1/_2$	16	0,172	0,202	0,160	0,170	

6	Trierer Kalk; Antr.: Carl Christian Schneider & Co. in Steeden a. d. Lahr	20	60	38	25	75	168	4,7	—	3,628	51	0,495	0,869	1,338	18,0	—	6,0	3,5		
7	Beckumer Wasserkalk; Antr.: dieselben	3	19	30	7	30	165	5,8	—	3,449	50	0,492	0,916	1,374	11,0	—	5,0	3,0	2,5	

[1]) Rückstand des Traßmehls
auf 240 Maschen für 1 qcm . . 10,0 %
„ 180 „ „ 1 „ . . 5,0 „
„ 120 „ „ 1 „ . . 3,5 „
„ 60 „ „ 1 „ . . 0,0 „

[2]) Zugfestigkeit nach 7 Tagen im Mittel aus 10 Versuchen: 8,30 kg für 1 qcm
[3]) „ „ 7 „ „ „ „ 10 „ 7,85 „ „ 1 „
[4]) „ „ 7 „ „ „ „ 5 „ 1,62 „ „ 1 „ für 1
2,05 „ „ 1 „

9. Wärme		10.	11.	12.		13.	14.			15.			16.	17.
der Luft	des Anmache-Wassers	Feuchtigkeit der Luft	Mörtel-Mischung der Festigkeitsproben und Wasseranspruch (%)	Dichte der Zug-proben	Dichte der Druck-proben	Art der Erhärtung	Zugfestigkeit nach 28 Tagen	60 Tagen	90 Tagen	Druckfestigkeit nach 28 Tagen	60 Tagen	90 Tagen	Bemerkungen	Journ.-Nr.
C°	C°	%		nach dem Einschlagen										
21,5	16,1	69	1 Vol.-Thl. Kalkteig + [3]) 1¾ „ Normalsand + 1¾ „ Traßmehl (21,5 %)	2,000	—	2 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	16,00 **14,25** 13,00	17,75 **16,43** 15,25	19,00 **17,53** 16,00	—	—	110,0	Bei d. Herstellung der Mörtelmischungen wurden die Litergewichte der Substanzen für den eingerüttelten Zustand benutzt. Die Herstellung der Proben erfolgte, nachdem der Kalk 18 Tage als Kalkteig gelagert hatte.	5194
			1 Vol.-Thl. Kalkteig + [3]) 2½ „ Normalsand + 1⅛ „ Traßmehl (20,7 %)	2,056	—	desgl.	16,25 **14,75** 13,25	20,50 **18,63** 16,00	22,50 **19,65** 18,25	—	—	121,9		
			1 Vol.-Thl. Kalkteig + [4]) 3 „ Normalsand (10 %)	2,056	—	4 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	1,85 **1,71** 1,65	2,20 **1,85** 1,60	2,65 **2,40** 2,28	—	—	10,8		
						Nur an der Luft	4,64 **3,96** 3,50	4,72 **4,17** 3,37	5,30 **4,80** 4,20	—	—	—		
			1 Vol.-Thl. Kalkteig + [5]) 3½ „ Normalsand (9 %)	2,200	—	4 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	1,82 **1,47** 1,02	1,70 **1,40** 1,10	1,15 **1,01** 0,87	—	—	4,2		
						Nur an der Luft	2,83 **2,53** 2,25	3,64 **2,83** 2,15	3,75 **3,30** 2,96	—	—	—		
			1 Vol.-Thl. Cement + [6]) 3 „ Normalsand (9¾ %)	2,225	—	1 Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	33,75 **30,83** 29,50	35,50 **33,35** 32,00	38,00 **35,60** 34,25	—	—	384,4	Des Vergleichs wegen beigefügt.	
			1 Vol.-Thl. Kalkteig + [7]) 3 „ Normalsand + 0,33 „ Cement (11¾ %)	2,127	—	desgl.	11,00 **9,18** 8,00	13,50 **11,98** 10,50	15,75 **12,78** 11,75	—	—	110,0		
20,8	16,1	69	1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 2 „ Normalsand (15 %)	2,127	2,110	5 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	1,97 **1,93** 1,86	— 	6,75 **5,85** 5,25	17,92 **17,25** 15,68	—	61,60 **50,62** 44,80	Die Herstellung der Proben erfolgte, nachdem der Kalk 21 Tage als Kalkpulver gelagert hatte.	5196
						Nur an der Luft	3,90 **3,77** 3,36	— 	6,00 **5,35** 5,00	16,80 **14,78** 12,32	—	22,40 **19,71** 15,68		
			1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 4 „ Normalsand (11½ %)	2,155	2,152	5 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	1,43 **1,32** 1,25	— 	4,75 **4,35** 4,00	8,96 **7,84** 6,72	—	31,36 **29,12** 26,88		
						Nur an der Luft	3,19 **2,89** 2,54	— 	6,00 **5,05** 4,50	10,08 **8,74** 7,84	—	19,04 **16,35** 14,56		
20,9	16,1	69	1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 2 „ Normalsand (13½ %)	2,099	2,096	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	4,50 **4,20** 3,50	— 	15,25 **14,05** 12,75	29,12 **27,55** 24,64	—	95,20 **85,79** 78,40	desgl.	5197
						Nur an der Luft	4,50 **4,19** 4,00	— 	8,50 **7,70** 6,50	28,00 **24,86** 22,40	—	38,08 **30,46** 23,52		
			1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 4 „ Normalsand (11 %)	2,141	2,138	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	3,24 **2,66** 2,43	— 	10,50 **9,20** 8,25	15,68 **13,89** 12,32	—	57,12 **53,98** 50,40		
						Nur an der Luft	3,60 **3,20** 3,00	— 	7,00 **6,30** 5,25	13,44 **12,54** 11,20	—	23,52 **22,62** 21,28		

igkeit nach 7 Tagen im Mittel aus 5 Versuchen: { 1,44 kg für 1 qcm für Wasserproben / 1,60 „ „ 1 „ „ Luftproben.

„ 7 „ „ „ „ 10 „ 24,45 „ „ 1 „

„ 7 „ „ „ „ 10 „ 6,35 „ „ 1 „

[5]) Rückstand des Kalkpulvers auf 240 Maschen für 1 qcm 1,0 %

„ „ „ „ 1 „ 0,5 „

[6]) des Kalkpulvers 2,0 %

1,5 „

1,0 „

0,5 „

1.	2.	3.						4.			5.	6.			7.					
Nr.	Name der Antragsteller (Ursprung der Materialien)	Die Ablöschung						2 l Stückkalk in Wallnußgröße ergaben an			Wasser-Verlust von 100 g Kalkteig beim Glühen	Gewicht des			Rückstand des auf einem Siebe von 20 Maschen für 1 qcm abgesiebten Kalkpulvers auf					
		in Pulverform			in Teigform			Kalkpulver		Kalkteig		Kalkpulvers für 1 Liter		Kalkteigs für 1 Liter	5000	2500	900	600	32	
		begann nach	war beendet in	beanspruchte an Wasser	begann nach	war beendet in	beanspruchte an Wasser	eingelaufen	eingerüttelt	butterartiger Konsistenz		eingelaufen	eingerüttelt		Maschen für 1 qcm					
		Min.	Min.	%	Min.	Min.	%	l	l	l	g	kg	kg	kg	%	%	%	%	%	
8	Cementkalk; Ursprungsangabe nicht gestattet	—	—	—	—	75	100	—	—	3,581	49	0,890 ungelöscht	1,451	1,478	20,0	—	13,5	8,5	4,5	
9	Kalk; Antr.: H. Wesemann in Rast bei Raddeckenstedt	3	12	31¼	—	—	170	5,9	3,4	3,400	51	0,403	0,659	1,290	6,0	4,0	2,0	1,0	C	
10	Gebrannter Stückkalk aus dem Kalkwerk von E. Rubel zu Schraplau	2	22	36,2	—	—	177	5,482	3,724	3,818	51,5	0,498	0,713	1,294	12,0	8,0	7,0	5,5		
11	Kalk, Traßmehl und Grand; Ursprungsangabe nicht gestattet	3	15	30,2	5	23	192	3,144	2,503	4,020	51	0,652	0,823	1,380	26,0	20,0	18,0	15,0	13,0	
											Traßmehl	0,998	1,357	—	50,0	42,0	34,0	28,0	23,0	
											Grand	1,526	1,725	—	88,0	79,0	39,0	26,0	11,5	

	¹) Rückstand des Kalkpulvers	²) des Kalkpulvers	³) des Kalkpulvers	⁴) des Traßmehls	⁵) des Grandes
auf 240 Maschen	für 1 qcm . . 0,3 %	3,0 %	11,0 %	19,0 %	6,0 %
„ 180 „	„ 1 „ . . 0,3 „	2,0 „	10,0 „	14,0 „	3,0 „
„ 120 „	„ 1 „ . . 0,1 „	1,5 „	8,0 „	11,0 „	2,0 „
„ 60 „	„ 1 „ . . —	0,5 „	4,0 „	3,0 „	1,0 „
„ 20 „	„ 1 „ . . —	0,0 „	0,0 „	0,0 „	0,0 „

	10.	11.	12.		13.	14.			15.			16.	17.
me des Anmache-Wassers C°	Feuchtigkeit der Luft %	Mörtel-Mischung der Festigkeitsproben und Wasseranspruch (%)	Dichte der Zugproben nach dem Einschlagen	Dichte der Druckproben nach dem Einschlagen	Art der Erhärtung	Zugfestigkeit nach 28 Tagen	Zugfestigkeit nach 60 Tagen	Zugfestigkeit nach 90 Tagen	Druckfestigkeit nach 28 Tagen	Druckfestigkeit nach 60 Tagen	Druckfestigkeit nach 90 Tagen	Bemerkungen	Journ.-Nr.
16,3	69	1 Gew.-Thl. Cementkalkteig + 1 „ Normalsand (15 %)	2,169	2,172	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	9,75 9,05 8,25	12,50 **11,75** 11,25	17,50 **16,05** 14,75	59,4 **56,9** 54,9	84,0 **81,5** 78,4	127,7 **123,0** 116,5	Die Proben wurden auf Gipsunterlagen absaugend behandelt.	5238
		1 Gew.-Thl. Cementkalkteig + 3 „ Normalsand (11 %)	2,042	2,039	desgl.	4,25 3,75 3,25	4,75 **4,32** 4,00	8,25 **7,45** 6,75	14,6 **13,7** 12,3	23,5 **21,1** 17,9	34,7 **32,9** 31,4		
16,1	70	1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 2 „ Normalsand (16 %)	1,972	1,972	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	3,70 **3,44** 3,22	— 	8,25 **7,79** 7,50	22,40 **17,92** 15,68	— 	45,92 **43,46** 40,32	Die Herstellung der Proben erfolgte, nachdem der Kalk 17 Tage als Kalkpulver gelagert hatte.	5260
					Nur an der Luft	3,82 **3,28** 2,70	— 	7,25 **6,45** 6,00	22,40 **21,06** 19,04	— 	44,80 **37,86** 33,60		
		1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 4 „ Normalsand (12 %)	2,014	2,017	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	2,82 **2,48** 2,23	— 	6,25 **5,90** 5,50	11,20 **10,08** 8,96	— 	31,36 **24,64** 22,45		
					Nur an der Luft	3,11 **2,59** 2,08	— 	6,25 **5,65** 5,00	13,44 **12,54** 10,08	— 	32,48 **30,46** 26,88		
16,0	71	1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 2 „ Normalsand (16 %)	2,014	2,008	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	7,75 **6,65** 6,00	— 	12,50 **11,95** 11,00	48,16 **43,90** 38,08	— 	78,40 **72,13** 67,20	Die Herstellung der Proben erfolgte, nachdem der Kalk 21 Tage als Kalkpulver gelagert hatte.	5387
					Nur an der Luft	13,00 **12,25** 11,50	— 	19,00 **18,20** 17,25	61,60 **55,55** 50,40	— 	80,64 **76,16** 72,80		
		1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 4 „ Normalsand (12 %)	2,070	2,068	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	6,25 **5,50** 5,00	— 	11,00 **9,80** 9,00	36,96 **32,93** 29,12	— 	61,60 **53,31** 44,80		
					Nur an der Luft	11,75 **9,95** 9,00	— 	16,00 **15,10** 14,50	49,28 **43,01** 34,72	— 	67,20 **60,03** 48,16		
16,8	68	1 Vol.-Thl. ungelöschter Kalk + 7 „ Grand (10½ %)	2,099	2,066	6 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	2,34 **2,18** 1,97	3,25 **2,87** 2,44	3,48 **3,01** 2,65	12,3 **11,6** 11,2	— 	15,7 **13,0** 11,2	Bei der Herstellung der Mörtelmischungen wurden die Litergewichte der Substanzen für den eingelaufenen Zustand benutzt. Der Kalk hatte 21 Tage als Kalkpulver gelagert.	5471 5472
					Nur an der Luft	3,87 **3,24** 2,80	4,52 **3,88** 3,34	4,62 **4,11** 3,78	14,6 **13,0** 11,2	— 	16,8 **15,5** 13,4		
		1 Vol.-Thl. Kalkpulver + 1 „ Traßmehl + 2 „ Grand (13 %)	1,986	1,971	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	10,5[6]) **9,70** 9,50	17,50 **15,70** 15,00	21,00 **19,80** 19,25	67,2 **60,2** 57,1	— 	100,8 **97,2** 89,6		
					Nur an der Luft	10,0[7]) **8,85** 7,50	14,00 **12,65** 12,00	15,00 **13,80** 13,00	67,2 **57,6** 48,2	— 	73,9 **71,2** 67,2		

festigkeit nach 7 Tagen im Mittel aus 5 Versuchen: 3,20 kg für 1 qcm.
„ „ 7 „ „ „ „ 5 „ 4,80 „ „ 1 „

1.	2.	3.						4.			5.	6.			7.					
Nr.	Name der Antragſteller (Urſprung der Materialien)	Die Ablöſchung						2 l Stückkalk in Wallnußgröße ergaben an			Waſſer-Verluſt von 100 g Kalkteig beim Glühen	Gewicht des			Rückſtand des auf ei Siebe von 20 Ma für 1 qcm abgeſiebten K pulvers auf					
		in Pulverform			in Teigform			Kalkpulver		Kalkteig		Kalkpulvers für 1 Liter		Kalkteigs für 1 Liter	5000	2500	900	600		
		begann nach	war beendet in	beanſpruchte an Waſſer	begann nach	war beendet in	beanſpruchte an Waſſer	eingelaufen	eingerüttelt	butterartiger Konſiſtenz		eingelaufen	eingerüttelt		Maſchen für 1 qcm					
		Min.	Min.	%	Min.	Min.	%	l	l	l	g	kg	kg	kg	%	%	%	%		
12	Traß aus dem Bruche von D. Zervas Söhne in Kruft; Waſſerkalk von Rietbrock & Kröner in Lengerich; Antr.: Oberbaudirektor Franzius in Bremen	2	17	32,5	—	—	—	4,400	2,800	—	—	0,453	0,714	—	12,0	8,0	5,0	2,0	1	
											Traß	0,981	1,374	—	38,0	28,0	18,0	14,0	8	
13	Waſſerkalk von Rietbrock & Kröner in Lengerich; Antr.: Oberbaudirektor Franzius in Bremen	2	17	32,5	—	—	—	4,400	2,800	—	—	0,453	0,714	—	12,0	8,0	5,0	2,0		
14	Traß von Gerhard Herfeldt in Andernach; Waſſerkalk von Rietbrock & Kröner in Lengerich; Antr.: Oberbaudirektor Franzius in Bremen	3	21	28,5	—	—	—	3,800	2,465	—	—	0,467	0,822	—	12,0	4,0	2,0	1,0		
											Traßmehl	0,921	1,362	—	44,0	36,0	25,0	20,0	1	
15	Fettkalk von Menge in Hanna; Antr.: derſelbe.	5	20	31,1	—	—	—	4,482	2,943	—	—	0,490	0,755	—	20,0	18,0	17,0	12,0	10,	
16	Traß ohne Urſprungsangabe; Rüdersdorfer Stückkalk; Antr.: Königl. Eiſenb.-Direkt. (linksrheiniſche) in Köln	5	20	31,5	8	26	180	4,600	—	3,600	51	0,494	0,863	1,336	4,6	2,8	2,0	1,5	0,8	
											Traß	0,875	1,232	—	44,0	38,0	27,0	22,0	18,0	

[1]) Rückſtand des Kalkpulvers auf 240 Maſchen für 1 qcm . . 0,4 %
„ 180 „ „ 1 „ . . 0,0 „
„ 120 „ „ 1 „ . . — „
„ 60 „ „ 1 „ . . — „

[2]) des Traßmehls 6,0 %
„ 3,0 „
„ 1,0 „
„ 0,0 „

[3]) des Kalkpulvers 0,7 %
„ 0,0 „
„ — „
„ — „

[4]) des Traßmehls 12,0 %
„ 8,0 „
„ 5,0 „
„ 0,0 „

9. Wärme der Luft C°	9. Wärme des Anmache-Wassers C°	10. Feuchtigkeit der Luft %	11. Mörtel-Mischung der Festigkeitsproben und Wasseranspruch (%)	12. Dichte der Zugproben nach dem Einschlagen	12. Dichte der Druckproben nach dem Einschlagen	13. Art der Erhärtung	14. Zugfestigkeit nach 28 Tagen	14. Zugfestigkeit nach 60 Tagen	14. Zugfestigkeit nach 90 Tagen	15. Druckfestigkeit nach 28 Tagen	15. Druckfestigkeit nach 60 Tagen	15. Druckfestigkeit nach 90 Tagen	16. Bemerkungen	17. Journ.-Nr.
21,4	15,2	72	1 Vol.-Thl. Traß + 1 „ Kalkpulver + 1 „ Normalsand (15,6 %)	1,915	1,907	1 Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	7 Tg. 3,54 **3,13** 2,79	28 Tg. 10,50 **9,68** 9,00	—	7 Tg. 15,7 **13,4** 11,2	28 Tg. 60,5 **49,6** 39,2	—	Bei d. Herstellung d. Mischung wurden die Litergewichte d. Substanzen für den eingerüttelten Zustand benutzt. Der Kalk hatte 5 Tage als Kalkpulver gelagert.	5535
21,4	15,2	72	1 Vol.-Thl. Kalkpulver + 1,5 „ Normalsand (13 %)	2,056	2,048	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	7 Tg. 1,20 **1,02** 0,80	28 Tg. 3,00 **2,60** 2,30	—	7 Tg. 7,84 **5,82** 4,48	28 Tg. 12,32 **10,75** 8,96	—	Wie vorhin.	5568
						Nur an der Luft	1,94 **1,83** 1,72	4,00 **3,73** 3,42	—	10,08 **8,06** 6,72	20,28 **17,94** 15,68	—		
21,1	15	71	1 Vol.-Thl. Traß + 1 „ Kalkpulver + 1 „ Normalsand (15,5 %)	1,944	1,932	1 Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	7 Tg. 8,50 **7,68** 7,00	28 Tg. 17,75 **16,35** 15,00	—	7 Tg. 53,8 **47,9** 39,2	28 Tg. 121,0 **112,6** 103,0	—	Herstellung der Mörtelmischungen wie vorhin. Das Kalkpulver hatte 6 Tage gelagert.	5645
21,8	15,3	71	1 Vol.-Thl. Kalkpulver + 1,5 „ Normalsand (13 %)	1,958	1,952	6 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	7 Tg. 0,38 **0,33** 0,30	28 Tg. 0,88 **0,64** 0,50	—	7 Tg. 1,80 **1,64** 1,24	28 Tg. 4,40 **3,75** 3,36	—	Wie vorhin.	5646
						Nur an der Luft	1,40 **1,24** 1,07	2,30 **1,99** 1,35	—	6,72 **5,82** 4,48	11,20 **9,98** 8,44	—		
22,1	15,8	69	2 Gew.-Thl. Traßmehl + 1 „ Kalkpulver + 3 „ Normalsand (17 %)	1,887	1,885	1 Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	7 Tg. 8,00 **7,05** 6,50	28 Tg. 15,50 **14,03** 12,75	—	7 Tg. 38,08 **32,93** 29,12	28 Tg. 73,92 **69,55** 63,84	—	Die Herstellung der Proben erfolgte, nachdem das Kalkpulver 3 Monate gelagert hatte.	5658

		³) Rückstand des Kalkpulvers	⁴) des Traßmehls
0 Maschen	für 1 qcm . .	8,0 %	14,0 %
0 „	„ 1 „ . .	6,0 „	10,0 „
0 „	„ 1 „ . .	5,0 „	7,0 „
0 „	„ 1 „ . .	1,0 „	1,0 „

1.	2.	3.						4.			5.	6.			7.			
Nr.	Name der Antragsteller (Ursprung der Materialien)	Die Ablöschung						2 l Stückkalk in Wallnußgröße ergaben an			Wasser-Verlust von 100 g Kalkteig beim Glühen	Gewicht des			Rückstand des au Siebe von 20 für 1 qcm abgesiebt pulvers au			
		in Pulverform			in Teigform			Kalkpulver		Kalkteig		Kalkpulvers für 1 Liter		Kalkteigs für 1 Liter	5000	2500	900	60
		begann nach	war beendet in	beanspruchte an Wasser	begann nach	war beendet in	beanspruchte an Wasser	eingelaufen	eingerüttelt	butterartiger Konsistenz		eingelaufen	eingerüttelt		Maschen für 1			
		Min.	Min.	%	Min.	Min.	%	l	l	l	g	kg	kg	kg	%	%	%	%
17	Stückkalk aus Rüdersdorf; Cement von der Portland-Cement-Fabrik „Stern" in Stettin; Antr.: Königl. Eisenbahn-Direktion (linksrheinische) in Köln	5	13	36,6	—	—	187	2,892	2,433	2,356	49	0,465	0,744	1,379	4,0	2,0	1,0	0,
											Cement [1]	1,202	1,810	—	12,0	—	0,1	0,

[1]) Der Cement band in 4¾ Stunden ab, bei einem Erhärtungsanfang von 2 Stunden. Die mit dem Mörtel aus 1 Gew.-Th. + 3 Gew.-Thl. Normalsand angestellten Festigkeitsversuche ergaben:

für Wasserproben	nach	7	Tagen	an	Zug	31,25	kg	für	1	qcm	für Luftproben	nach	7	Tagen	19,75	kg	für 1 q
„	„	„	7	„	„ Druck	262,5	„	„	1	„	„	„	„	7	„	161,3	„
„	„	„	38	„	„ Zug	25,60	„	„	1	„	„	„	„	38	„		
„	„	„	38	„	„ Druck	312,1	„	„	1	„	„	„	„	38	„		

	10.	11.	12.		13.	14.			15.			16.	17.
des zum Anmachen Wassers	Feuchtigkeit der Luft	Mörtel-Mischung der Festigkeitsproben und Wasseranspruch (%)	Dichte der Zug-proben	Dichte der Druck-proben	Art der Erhärtung	Zugfestigkeit nach 28 Tagen	Zugfestigkeit nach 60 Tagen	Zugfestigkeit nach 90 Tagen	Druckfestigkeit nach 28 Tagen	Druckfestigkeit nach 60 Tagen	Druckfestigkeit nach 90 Tagen	Bemerkungen	Journ.-Nr.
			nach dem Einschlagen			7 Tg. 28 Tg.			7 Tg. 28 Tg.				
C°	%												
15,2	69	1 Vol.-Thl. Kalkpulver + [3]) 2 „ Normalsand (11 %)	2,141	2,135	Nur an der Luft	2,10 5,50	—		5,60 8,96	—		Bei d. Herstellung der Mischungen wurden die Litergewichte d. Substanzen für den eingelaufenen Zustand benutzt. Der Kalk hatte 21 Tage als Kalkpulver gelagert.	5726 5729
						1,92 **4,20**			**5,30** **7,62**				
						1,95 3,75			5,00 5,60				
		desgl. [3]) (11 %)	2,141	2,135	desgl.	1,90 3,50	—		4,48 7,84	—			
						1,60 **3,25**			**3,92** **6,27**				
						1,30 2,25			3,36 4,48				
		desgl. [4]) (11½ %)	2,141	2,135	desgl.	1,45 3,25	—		3,36 6,72	—			
						1,08 **2,30**			**3,10** **5,32**				
						0,70 1,05			2,84 4,48				
		desgl. [5]) (11½ %)	2,141	2,135	desgl.	1,80 3,60	—		3,36 5,60	—			
						1,33 **2,77**			**2,80** **4,83**				
						0,85 1,80			2,24 3,96				
		1 Vol.-Thl. Kalkpulver + [3]) 2 „ Normalsand + 0,15 „ Cement (11 %)	2,155	2,147	desgl.	3,50 7,00	—		15,68 29,12	—			
						3,48 **6,33**			**14,74** **26,99**				
						3,45 5,25			13,80 21,28				
		desgl. [3]) (11 %)	2,155	2,147	desgl.	2,80 7,25	—		14,56 29,12	—			
						2,75 **5,65**			**14,56** **25,20**				
						2,70 4,00			14,56 22,40				
		desgl. [4]) (12¼ %)	2,155	2,147	desgl.	2,40 6,50	—		13,44 25,76	—			
						1,90 **5,30**			**13,44** **23,63**				
						1,40 4,25			13,44 21,28				
		desgl. [5]) (13½ %)	2,155	2,147	desgl.	1,77 6,75	—		13,44 28,00	—			
						1,54 **5,28**			**12,88** **22,86**				
						1,30 4,25			12,32 20,16				
		1 Vol.-Thl. Kalkpulver + [3]) 2 „ Normalsand + 0,18 „ Cement (11 %)	2,162	2,158	desgl.	4,35 8,75	—		26,88 42,56	—			
						4,20 **7,13**			**24,64** **37,63**				
						4,05 5,00			22,40 33,60				
		desgl. [3]) (12¾ %)	2,162	2,158	desgl.	3,45 8,50	—		20,16 36,96	—			
						3,23 **7,13**			**20,16** **32,59**				
						3,00 5,00			20,16 28,00				
		desgl. [4]) (12¾ %)	2,162	2,158	desgl.	2,75 6,50	—		19,04 33,60	—			
						2,60 **5,83**			**18,48** **28,67**				
						2,45 4,50			17,92 24,64				
		desgl. [5]) (14½ %)	2,162	2,158	desgl.	2,95 6,50	—		15,68 30,24	—			
						2,60 **5,35**			**15,68** **26,10**				
						2,25 3,00			15,68 22,40				
		1 Vol.-Thl. Kalkpulver + [3]) 2 „ Normalsand + 0,20 „ Cement (11 %)	2,169	2,166	desgl.	5,15 9,00	—		26,88 42,56	—			
						4,68 **7,75**			**25,15** **37,29**				
						4,20 6,00			23,52 33,60				
		desgl. [3]) (13 %)	2,169	2,166	desgl.	4,00 8,50	—		21,28 40,32	—			
						3,48 **6,63**			**20,72** **32,82**				
						2,95 5,00			20,16 28,60				
		desgl. [4]) (13 %)	2,169	2,166	desgl.	2,80 7,25	—		20,16 33,60	—			
						2,58 **5,85**			**19,60** **30,46**				
						2,35 5,00			19,04 25,76				
		desgl. [5]) (15 %)	2,169	2,166	desgl.	2,75 7,00	—		17,92 31,36	—			
						2,63 **6,08**			**17,36** **27,38**				
						2,50 5,00			16,80 24,64				

[3]) Anfertigung der Probekörper erfolgte sofort nach dem Anmachen des Mörtels.
[4]) „ „ „ „ 3 Stunden nach dem Anmachen des Mörtels.
[5]) „ „ „ „ 6 „ „ „ „ „ „ „
„ „ „ „ 9 „ „ „ „ „ „ „

1.	2.	3.						4.			5.	6.			7.				
Nr.	Name der Antragſteller (Urſprung der Materialien)	Die Ablöſchung						2 l Stückkalk in Wallnußgröße ergaben an			Waſſer-Verluſt von 100 g Kalkteig beim Glühen	Gewicht des			Rückſtand des auf einem Siebe von 20 Maſchen für 1 qcm abgeſiebten Kalkpulvers auf				
		in Pulverform			in Teigform			Kalkpulver		Kalkteig		Kalkpulvers für 1 Liter		Kalkteigs für 1 Liter	5000	2500	900	600	324
		begann nach	war beendet in	beanſpruchte an Waſſer	begann nach	war beendet in	beanſpruchte an Waſſer	eingelaufen	eingerüttelt	butterartiger Konſiſtenz		eingelaufen	eingerüttelt		Maſchen für 1 qcm				
		Min.	Min.	%	Min.	Min.	%	l	l	l	g	kg	kg	kg	%	%	%	%	%
18	Hydrauliſcher Stückkalk; Urſprungsangabe nicht geſtattet	3	11	40	—	—	244	6,018	3,333	4,311	54	0,334	0,603	1,232	4,0	1,8	1,0	0,6	0,0
19	Hydrauliſcher Kalk; Urſprungsangabe nicht geſtattet	3	10	41½	—	—	244	6,096	3,364	4,146	54	0,326	0,595	1,249	4,0	2,0	1,0	0,7	0,
20	Gebrannter Kalk; Journ.-Nr. 5883	5	13	33¼	—	—	175	4,561	3,000	3,171	51	0,423	0,678	1,331	6,0	3,0	1,0	0,8	0
21	Cementkalk aus der Cementkalkfabrik F. Böttcher & Co. in Gerbſtädt	13	21	37	—	—	144	4,129	2,787	2,528	46	0,511	0,757	1,452	8,0	0,5	4,0	2,0	0,

	10.	11.	12.		13.	14.			15.			16.	17.
te	Feuchtigkeit der Luft	Mörtel-Mischung der Festigkeitsproben und Wasseranspruch (%)	Dichte der		Art der Erhärtung	Zugfestigkeit nach			Druckfestigkeit nach			Bemerkungen	Journ.-Nr.
			Zugproben	Druckproben		28	60	90	28	60	90		
			nach dem Einschlagen			Tagen			Tagen				
Wasserd. C°	%												
4,8	68	1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 2 „ Normalsand (17 %)	—	1,966	14 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	—	—	—	42 Tg. 45,9 **40,0** 33,6	—	—	Die Herstellung der Proben erfolgte, nachdem der Kalk 9 Tage als Kalkpulver gelagert hatte.	5821
		1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 3 „ Normalsand (12½ %)	—	2,042	desgl.	—	—	—	35,8 **31,7** 25,8	—	—		
4,8	69	1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 2 „ Normalsand (16,5 %)	—	1,961	desgl.	—	—	—	42 Tg. 47,0 **43,7** 44,8	—	—	desgl.	5822
		1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 3 „ Normalsand (13 %)	—	2,037	desgl.	—	—	—	37,0 **35,2** 32,5	—	—		
5,3	68	1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 2 „ Normalsand (15 %)	1,972	1,966	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	1,91 **1,45** 0,95	2,48 **2,22** 2,05	3,75 **3,55** 3,25	9,56 **8,18** 6,72	16,80 **13,66** 12,32	29,12 **26,43** 23,52	Die Herstellung der Probekörper erfolgte, nachdem der Kalk 7 Tage als Kalkpulver gelagert hatte.	5883
					Nur an der Luft	3,55 **3,32** 2,90	9,50 **8,50** 7,50	12,00 **11,05** 10,50	15,68 **14,80** 13,44	41,44 **35,17** 32,48	48,16 **45,47** 42,56		
		1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 4 „ Normalsand (12¼ %)	2,028	2,025	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	0,88 **0,71** 0,54	1,89 **1,65** 1,45	2,75 **2,40** 2,00	5,60 **4,93** 4,48	10,08 **8,51** 6,72	19,04 **15,68** 13,44		
					Nur an der Luft	2,80 **2,56** 2,22	7,75 **6,35** 5,25	8,25 **7,70** 7,25	12,92 **11,78** 10,08	28,00 **24,42** 20,16	35,84 **32,48** 29,12		
		1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 4 „ Normalsand + ⅓ „ Cement (12 %)	2,099	2,096	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	7,40 **6,27** 5,85	8,75 **8,05** 7,00	11,50 **10,45** 9,50	40,32 **35,84** 31,36	57,12 **52,19** 44,80	68,32 **64,74** 56,00		
					Nur an der Luft	8,50 **7,16** 6,25	13,50 **11,70** 10,50	16,25 **14,95** 14,00	38,08 **36,96** 35,84	63,84 **54,21** 47,04	66,08 **61,38** 56,00		
5,8	70	1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 2 „ Normalsand (12 %)	2,056	2,051	1 Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	4,00 **3,35** 2,00	9,00 **8,35** 7,50	12,25 **11,80** 11,00	17,92 **16,80** 15,68	50,40 **49,06** 48,16	70,56 **66,98** 60,48	desgl.	5981
					Nur an der Luft	7,00 **6,14** 5,70	7,25 **7,00** 6,50	10,00 **8,30** 7,25	20,16 **18,37** 16,80	28,00 **26,43** 24,64	35,84 **32,93** 28,00		
		1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 4 „ Normalsand (9½ %)	2,113	2,107	1 Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	3,00 **2,35** 2,00	6,25 **5,50** 5,00	9,00 **8,30** 7,75	13,44 **12,10** 10,08	32,48 **29,12** 24,64	54,88 **48,61** 44,80		
					Nur an der Luft	5,25 **5,15** 5,00	8,50 **7,15** 6,50	11,25 **10,25** 9,00	16,80 **15,01** 12,32	26,88 **23,97** 22,40	31,36 **27,33** 24,64		

1.	2.	3.						4.			5.	6.			7.					
Nr.	Name der Antragsteller (Ursprung der Materialien)	Die Ablöschung						2 l Stückkalk in Wallnußgröße ergaben an			Wasser-Verlust von 100 g Kalkteig beim Glühen	Gewicht des			Rückstand des auf ei Siebe von 20 Ma für 1 qcm abgesiebten K pulvers auf					
		in Pulverform			in Teigform			Kalkpulver		Kalkteig		Kalkpulvers für 1 Liter		Kalkteigs für 1 Liter	5000	2500	900	600		
		begann nach	war beendet in	beanspruchte an Wasser	begann nach	war beendet in	beanspruchte an Wasser	eingelaufen	eingerüttelt	butterartiger Konsistenz		eingelaufen	eingerüttelt		Maschen für 1 qcm					
		Min.	Min.	%	Min.	Min.	%	l	l	l	g	kg	kg	kg	%	%	%	%		
22	Kalk, Traß, Grand; Ursprungsangabe nicht gestattet	2	7	30,5	7	20	192	3,992	2,678	3,069	49	0,506	0,754	1,339	14,0	8,0	6,0	4,0	3	
											Traß	0,912	1,256	—	46,0	40,0	27,0	21,0	17,	
											Grand	1,526	1,725	—	88,0	79,0	39,0	26,0	11,	
23	Hydraulischer Kalk; Ursprungsangabe nicht gestattet	4	12	32,6	—	—	200	4,023	2,539	2,954	52	0,440	0,697	1,303	0,8	0,7	0,5	0,2	0,0	
24	Weißkalk; extra feingesiebter Plaidter Traß; Schlebuscher Sand; Antr.: Prof. Intze zu Aachen	4	9	33,8	—	—	225	4,060	2,733	3,033	54	0,532	0,789	1,282	10,0	4,0	1,0	0,3	0,0	
											Traßmehl	1,004	1,425	—	38,0	30,0	16,0	8,0	6,0	
											Schlebuscher Sand	1,604	1,820	—	98,0	96,0	91,0	78,0	65,0	
25	Beckumer Wasserkalk; extra feingesiebter Traß; Rheinsand; Antr.: derselbe	3	7	30,4	6	31	148	3,952	2,526	2,814	52	0,501	0,784	1,400	6,0	4,0	3,0	2,0	1,0	
											Traßmehl	1,004	1,425	—	38,0	30,0	16,0	8,0	6,0	
											Rheinsand	1,417	1,655	—	100,0	98,0	81,0	53,0	27,0	

	¹) Rückstand des Kalkpulvers	²) des Trasses	³) des Grandes	⁴) des Traßmehls	⁵) des Sandes	⁶) des Kalkpulvers	⁷) des Rheinsand
auf 240	Maschen für 1 qcm 2,0 %	14,0 %	6,0 %	3,0 %	53,0 %	0,3 %	15,0 %
„ 180	„ „ 1 „ 1,0 „	9,0 „	3,0 „	1,0 „	41,0 „	0,0 „	7,0 „
„ 120	„ „ 1 „ 0,7 „	5,0 „	2,0 „	0,3 „	35,0 „	—	4,0 „
„ 60	„ „ 1 „ 0,0 „	1,0 „	1,0 „	0,0 „	21,0 „	—	2,0 „
„ 20	„ „ 1 „ —	0,0 „	0,0 „	—	20,0 „	—	1,5 „

9. Wärme der Luft C°	9. Wärme des Anmache-Wassers C°	10. Feuchtigkeit der Luft %	11. Mörtel-Mischung der Festigkeitsproben und Wasseranspruch (%)	12. Dichte der Zugproben nach dem Einschlagen	12. Dichte der Druckproben nach dem Einschlagen	13. Art der Erhärtung	14. Zugfestigkeit nach 28 Tagen	14. Zugfestigkeit nach 60 Tagen	14. Zugfestigkeit nach 90 Tagen	15. Druckfestigkeit nach 28 Tagen	15. Druckfestigkeit nach 60 Tagen	15. Druckfestigkeit nach 90 Tagen	16. Bemerkungen	17. Journ.-Nr.
20,4	15,1	69	1 Vol.-Thl. ungelöschter Kalk + *) 1 „ Traßmehl + 2 „ Grand (16½ %)	1,915	1,913	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	12,75 **11,65** 11,00	16,00 **14,70** 13,50	16,50 **15,80** 15,25	62,7 **58,9** 56,0	— 	73,9 **71,0** 68,3	Die Herstellung der Proben erfolgte, nachdem das Kalkpulver 9 Tage gelagert hatte. Für die Mörtelmischung wurden die Gewichte der Substanzen für 1 Liter eingelaufen benutzt.	6318
						Nur an der Luft	10,50 **9,50** 8,50	12,50 **11,65** 11,00	14,00 **13,10** 11,50	58,2 **53,8** 44,8	— 	65,0 **60,0** 56,0		
18,6	15,4	70	1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 2 „ Normalsand (15,75 %)	1,930	1,924	14 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	2,30 **2,20** 1,98	— 	10,00 **8,85** 8,00	20,16 **18,82** 16,80	— 	69,44 **66,98** 62,72	Bei d. Herstellung der Probekörper hatte der Kalk 7 Tage als Kalkpulver gelagert.	6641
						Nur an der Luft	4,58 **4,38** 4,00	— 	11,00 **10,05** 9,50	24,64 **23,74** 22,40	— 	63,84 **59,58** 56,00		
			1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 4 „ Normalsand (12 %)	2,112	2,104	14 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	1,93 **1,59** 1,46	— 	7,50 **6,55** 6,00	14,56 **12,32** 10,08	— 	57,12 **55,55** 53,76		
						Nur an der Luft	3,81 **3,54** 3,24	— 	10,00 **8,85** 8,00	17,92 **16,13** 14,56	— 	51,52 **48,62** 44,88		
18,6	15,3	69	1 Vol.-Thl. Wasserkalkteig + *) 1,5 „ Traßmehl + 1,5 „ Schlebuscher Sand (21 %)	1,916	1,907	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	6 Wch. 15,75 **13,70** 12,50	12 Wch. 15,75 **15,15** 14,50	18 Wch. 17,75 **16,82** 16,00	6 Wch. 78,4 **71,9** 66,1	12 Wch. 95,2 **90,3** 84,0	18 Wch. 116,5 **108,7** 99,7	Die Herstellung der Probekörper erfolgte, nachdem der Kalkteig 9 Tage als Kalkteig gelagert hatte. Die Volumentheile wurden für die pulverförmigen Substanzen nach den Gewichten für 1 Liter eingelaufen, für den Kalkteig nach dem Gewichte für 1 Liter eingefüllt bestimmt.	6668
						Nur an der Luft	8,75 **8,10** 7,50	10,25 **9,25** 8,75	10,50 **9,85** 9,00	77,3 **70,1** 65,0	87,4 **81,1** 75,0	99,7 **89,2** 80,6		
18,4	14,5	70	1 Vol.-Thl. Beckum. Wasserkalkpulver + **) 1,25 „ Traßmehl + 0,75 „ Rheinsand (18 %)	1,930	1,920	1 Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	6 Wch. 18,00 **17,35** 16,75	12 Wch. 22,50 **21,20** 18,50	18 Wch. 24,25 **22,80** 22,00	6 Wch. 114,2 **101,7** 94,1	12 Wch. 141,1 **133,9** 128,8	18 Wch. 170,2 **157,5** 150,1	Das Kalkpulver hatte 10 Tage gelagert. Bestimmung der Volumen-Theile wie vorhin.	6669
						Nur an der Luft	12,50 **11,35** 10,00	18,00 **16,45** 15,50	18,75 **17,70** 17,00	97,4 **94,3** 88,4	117,6 **114,5** 108,6	149,0 **143,6** 137,8		

*) Nach 7 Tagen betrug die Zugfestigkeit im Mittel aus fünf Versuchen
für die unter Wasser erhärteten Proben: 3,80 kg/qcm
„ „ an der Luft „ „ 5,45 „

**) Die mit dem Mörtel ausgeführten Versuche auf Wasserdichtigkeit bezw. Durchlässigkeit ergaben, daß der Mörtel das Wasser durchließ, der gleiche Mörtel bei Ersatz des Schlebuscher Sandes durch Rheinsand sich als wasserdicht erwies.

***) Die mit dem Mörtel angestellten Versuche auf Wasserdurchlässigkeit ergaben, daß der unter Wasser erhärtete Mörtel wasserdicht war, die Luftproben das Wasser durchließen.

1.	2.	3.						4.			5.	6.			7.					
Nr.	Name der Antragſteller (Urſprung der Materialien)	Die Ablöſchung						2 l Stückkalk in Wallnußgröße ergaben an			Waſſer-Verluſt von 100 g Kalkteig beim Glühen	Gewicht des			Rückſtand des auf ein Siebe von 20 Maſ für 1 qcm abgeſiebten K pulvers auf					
		in Pulverform			in Teigform			Kalkpulver		Kalkteig		Kalkpulvers für 1 Liter		Kalkteigs für 1 Liter	5000	2500	900	600		
		begann nach	war beendet in	beanſpruchte an Waſſer	begann nach	war beendet in	beanſpruchte an Waſſer	eingelaufen	eingerüttelt	butterartiger Konſiſtenz		eingelaufen	eingerüttelt		Maſchen für 1 qcm					
		Min.	Min.	%	Min.	Min.	%	l	l	l	g	kg	kg	kg	%	%	%	%		
29	Hydrauliſcher Kalk; Urſprungsangabe nicht geſtattet	—	—	—	4	24	154,5	—	—	4,994	55	—	—	1,338	—	—	—	—		
30	Rüdersdorfer Kalkpulver; Rüdersdorfer Sand; Portland-Cement ohne Urſprungsangabe; Journ.-Nr. 7377	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,465	0,744	—	—	—	—	—		
											Sand	—	1,765	—	—	—	—	—		
											Cement	1,168	1,827	—	2,0	—	0,1	0,0		

9. Wärme der Luft C°	9. Wärme des Anmache-Wassers C°	10. Feuchtigkeit der Luft %	11. Mörtel-Mischung der Festigkeitsproben und Wasseranspruch (%)	12. Dichte der Zugproben (nach dem Einschlagen)	12. Dichte der Druckproben (nach dem Einschlagen)	13. Art der Erhärtung	14. Zugfestigkeit nach 28 Tagen	14. Zugfestigkeit nach 60 Tagen	14. Zugfestigkeit nach 90 Tagen	15. Druckfestigkeit nach 28 Tagen	15. Druckfestigkeit nach 60 Tagen	15. Druckfestigkeit nach 90 Tagen	16. Bemerkungen	17. Journ.-Nr.
8,4	16,8	69	1 Gew.-Thl. Kalkteig + 3 „ Normalsand (10 %)	2,028	2,023	14 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	5,75 — 8,00			20,16 — 47,04			Die Herstellung d. Probekörper erfolgte 48 Std. nach dem Ablöschen des Kalkes.	7367
							5,40			**18,59**				
							5,00			16,80				
						Nur an der Luft	6,00 — 7,50			20,16 — 32,48				
							5,20			**19,26**				
							4,75			17,92				
			desgl.	2,028	2,023	14 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	5,50 — 7,25			19,04 — 44,80			Die Herstellung d. Probekörper erfolgte 3 Tage nach dem Ablöschen des Kalkes.	
							4,90			**18,14**				
							4,25			16,80				
						Nur an der Luft	5,25 — 7,00			20,16 — 33,60				
							4,90			**18,37**				
							4,50			16,80				
			desgl.	2,028	2,023	14 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	5,50 — 7,75			19,04 — 44,80			Die Herstellung d. Probekörper erfolgte 5 Tage nach dem Ablöschen des Kalkes.	
							4,70			**17,25**				
							4,00			15,68				
						Nur an der Luft	5,25 — 6,50			19,04 — 33,60				
							4,90			**18,14**				
							4,50			16,80				
			desgl.	2,028	2,023	14 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	4,75 — 6,25			17,92 — 40,32			Die Herstellung d. Probekörper erfolgte 8 Tage nach dem Ablöschen des Kalkes.	
							4,15			**16,58**				
							3,75			15,68				
						Nur an der Luft	4,75 — 6,00			19,04 — 35,84				
							4,35			**17,70**				
							4,00			16,80				
			desgl.	2,028	2,023	14 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	3,50 — 5,75			15,68 — 33,60			Die Herstellung d. Probekörper erfolgte 28 Tage nach dem Ablöschen des Kalkes.	
							3,20			**13,89**				
							2,75			12,52				
						Nur an der Luft	4,00 — 5,25			16,80 — 26,88				
							3,50			**15,23**				
							3,00			13,44				
8,3	15,4	64	1 Vol.-Thl. Kalkpulver + 3½ „ Sand (10 %)	2,169	2,169	14 Tage in feucht. Sande, die übrige Zeit an der Luft	5,00 — 6,25			— — 20,2			Bei Herstellung der Mörtelmischungen wurden die Litergewichte der Substanzen für den eingerüttelten Zustand benutzt.	7377
							4,20							
							3,75							
			1 Vol.-Thl. Cement + 5 „ Kalkmörtel [1] (10 %)	2,197	2,194	desgl.	34,50 — 38,00			313,6 — 359,5				
							31,60			**35,00**	**303,5**		**349,0**	
							29,00			32,00	291,2		338,2	
			1 Vol.-Thl. Cement + 8 „ Kalkmörtel (10,8 %)	2,197	2,194	desgl.	24,00 — 32,00			212,8 — 237,4				
							23,10			**27,90**	**198,5**		**225,3**	
							21,75			26,00	179,2		207,2	
			1 Vol.-Thl. Cement + 10 „ Kalkmörtel (11 %)	2,183	2,175	desgl.	21,00 — 25,25			150,1 — 168,0				
							19,65			**23,50**	**143,1**		**162,2**	
							18,25			21,50	136,6		154,6	
			1 Gew.-Thl. Cement + 3 „ Normalsand (9¼ %)	2,268	2,265	1 Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	28,50 — 33,50			353,9 — 360,6			Des Vergleichs wegen hinzugefügt.	
							26,50			**30,85**	**330,3**		**349,0**	
							25,25			29,00	308,0		338,2	

[1] Der Kalkmörtel bestand aus 1 Vol.-Thl. Rüdersdorfer Kalkpulver + 3½ Vol.-Thl. Rüdersdorfer Sand.

1.	2.	3.						4.			5.	6.			7.					
Nr.	Name der Antragsteller (Ursprung der Materialien)	Die Ablöschung						2 l Stückkalk in Wallnußgröße ergaben an			Wasser-Verlust von 100 g Kalkteig beim Glühen	Gewicht des			Rückstand des auf ein Siebe von 20 Maschen für 1 qcm abgesiebten Kalkpulvers auf					
		in Pulverform			in Teigform			Kalkpulver		Kalkteig		Kalkpulvers für 1 Liter		Kalkteigs für 1 Liter	5000	2500	900	600		
		begann nach	war beendet in	beanspruchte an Wasser	begann nach	war beendet in	beanspruchte an Wasser	eingelaufen	eingerüttelt	butterartiger Konsistenz		eingelaufen	eingerüttelt		Maschen für 1 qcm					
		Min.	Min.	%	Min.	Min.	%	l	l	l	g	kg	kg	kg	%	%	%	%		
31	Traßmehl aus den Gruben von Gerhard Herfeldt zu Andernach; Rheinsand; 3—4 Woch. alter Kalkteig von L. Kiepenheuer in Köln	—	—	—	—	—	—	—	—	—	49	—	—	1,400	—	—	—	—		-
														Traßmehl	38,0	—	20,0	14,0		10
32	Kalk eigener Fabrikation; Antr.: Chr. Westendorf zu Badenmühle bei Doberan i. M.	3	15	58	—	—	225,3	4,353	2,747	2,203	46	0,402	0,637	1,362	8,0	4,0	0,8	0,6		0,
33	Hydraulischer Kalk aus dem Kalkwerk Schulz zu Soetenich i. d. Eifel; Neuwieder Bimssand	1	7	30,85	—	—	175	5,187	3,016	3,658	45	0,428	0,736	1,326	12,0	4,0	2,0	0,4		0,1
											Bimssand[3])	0,787	0,923							
34	Fettkalkteig; Rheinsand; blaues Plaidter Traßmehl; Antr.: Prof. O. Intze zu Aachen	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,311	—	—	—	—		—
											Traßmehl	0,915	1,368	—	36,0	32,0	12,0	4,0		3,0
											Rheinsand	1,515	1,730	—	98,0	96,0	89,0	71,0		49,0

[1]) Rückstand des Traßmehls auf den 180 Maschen für 1 qcm: 4,0 %.

[2]) Die aus dem Mörtel für die Versuche auf Schwindvermögen hergestellten Probekörper (Platten), welche einen Tag an der Luft, übrige Zeit unter Wasser erhärteten ließen ein Schwinden nicht erkennen.

[3]) Der Bimssand hinterließ auf einem Siebe von 120 Maschen für 1 qcm: 99 % Rückstand.

" " " " 60 " " 1 " 94 " "

8.	9. Wärme der Luft C°	9. Wärme des Anmache-Wassers C°	10. Feuchtigkeit der Luft %	11. Mörtel-Mischung der Festigkeitsproben und Wasseranspruch (%)	12. Dichte der Zugproben (nach dem Einschlagen)	12. Dichte der Druckproben (nach dem Einschlagen)	13. Art der Erhärtung	14. Zugfestigkeit nach 28 Tagen	14. Zugfestigkeit nach 60 Tagen	14. Zugfestigkeit nach 90 Tagen	15. Druckfestigkeit nach 28 Tagen	15. Druckfestigkeit nach 60 Tagen	15. Druckfestigkeit nach 90 Tagen	16. Bemerkungen	17. Journ.-Nr.
—	18,4	16,8	69	1 Gew.-Thl. Kalkteig + 3 „ Normalsand (10 %)	2,028	2,023	14 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	5,75 **5,40** 5,00	— — —	8,00 **7,65** 7,25	20,16 **18,59** 16,80	— — —	47,04 **44,58** 42,56	Die Herstellung d. Probekörper erfolgte 48 Std. nach dem Ablöschen des Kalkes.	7367
							Nur an der Luft	6,00 **5,20** 4,75	— — —	7,50 **6,85** 6,50	20,16 **19,26** 17,92	— — —	32,48 **30,02** 26,88		
				desgl.	2,028	2,023	14 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	5,50 **4,90** 4,25	— — —	7,25 **6,45** 5,50	19,04 **18,14** 16,80	— — —	44,80 **42,56** 40,32	Die Herstellung d. Probekörper erfolgte 3 Tage nach dem Ablöschen des Kalkes.	
							Nur an der Luft	5,25 **4,90** 4,50	— — —	7,00 **6,25** 5,00	20,16 **18,37** 16,80	— — —	33,60 **29,79** 25,76		
				desgl.	2,028	2,023	14 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	5,50 **4,70** 4,00	— — —	7,75 6,35 5,25	19,04 **17,25** 15,68	— — —	44,80 **42,34** 39,20	Die Herstellung d. Probekörper erfolgte 5 Tage nach dem Ablöschen des Kalkes.	
							Nur an der Luft	5,25 **4,90** 4,50	— — —	6,50 **5,90** 5,00	19,04 **18,14** 16,80	— — —	33,60 **29,79** 26,88		
				desgl.	2,028	2,023	14 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	4,75 **4,15** 3,75	— — —	6,25 **5,80** 5,25	17,92 **16,58** 15,68	— — —	40,32 **35,62** 29,12	Die Herstellung d. Probekörper erfolgte 8 Tage nach dem Ablöschen des Kalkes.	
							Nur an der Luft	4,75 **4,35** 4,00	— — —	6,00 **5,25** 4,75	19,04 **17,70** 16,80	— — —	35,84 **32,03** 29,12		
				desgl.	2,028	2,023	14 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	3,50 **3,20** 2,75	— — —	5,75 **4,70** 4,00	15,68 **13,89** 12,52	— — —	33,60 **31,36** 29,12	Die Herstellung d. Probekörper erfolgte 28 Tage nach dem Ablöschen des Kalkes.	
							Nur an der Luft	4,00 **3,50** 3,00	— — —	5,25 **4,65** 4,00	16,80 **15,23** 13,44	— — —	26,88 **24,86** 23,52		
3,185	18,3	15,4	64	1 Vol.-Thl. Kalkpulver + 3½ „ Sand (10 %)	2,169	2,169	14 Tage in feucht. Sande, die übrige Zeit an der Luft	5,00 **4,20** 3,75	— — —	6,25 **5,85** 5,50	— — —	— — —	20,2 **18,3** 16,8	Bei Herstellung der Mörtelmischungen wurden die Litergewichte der Substanzen für den eingerüttelten Zustand benutzt.	7377
				1 Vol.-Thl. Cement + 5 „ Kalkmörtel [1] (10 %)	2,197	2,194	desgl.	34,50 **31,60** 29,00	— — —	38,00 **35,00** 32,00	313,6 **303,5** 291,2	— — —	359,5 **349,0** 338,2		
				1 Vol.-Thl. Cement + 8 „ Kalkmörtel (10,8 %)	2,197	2,194	desgl.	24,00 **23,10** 21,75	— — —	32,00 **27,90** 26,00	212,8 **198,5** 179,2	— — —	237,4 **225,3** 207,2		
				1 Vol.-Thl. Cement + 10 „ Kalkmörtel (11 %)	2,183	2,175	desgl.	21,00 **19,65** 18,25	— — —	25,25 **23,50** 21,50	150,1 **143,1** 136,6	— — —	168,0 **162,2** 154,6		
				1 Gew.-Thl. Cement + 3 „ Normalsand (9¼ %)	2,268	2,265	1 Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	28,50 **26,50** 25,25	— — —	33,50 **30,85** 29,00	353,9 **330,3** 308,0	— — —	360,6 **349,0** 338,2	Des Vergleichs wegen hinzugefügt.	

[1]) Der Kalkmörtel bestand aus 1 Vol.-Thl. Rüdersdorfer Kalkpulver + 3⅛ Vol.-Thl. Rüdersdorfer Sand.

1.	2.	3.						4.			5.	6.			7.				
Nr.	Name der Antragſteller (Urſprung der Materialien)	Die Abſöſchung						2 l Stückkalk in Wallnußgröße ergaben an			Waſſer-Verluſt von 100 g Kalkteig beim Glühen	Gewicht des			Rückſtand des auf einem Siebe von 20 Maſchen für 1 qcm abgeſiebten Kalkpulvers auf				
		in Pulverform			in Teigform			Kalkpulver		Kalkteig		Kalkpulvers für 1 Liter		Kalkteigs für 1 Liter	5030	2500	900	600	324
		begann nach	war beendet in	beanſpruchte an Waſſer	begann nach	war beendet in	beanſpruchte an Waſſer	eingelaufen	eingerüttelt	butterartiger Konſiſtenz		eingelaufen	eingerüttelt		Maſchen für 1 qcm				
		Min.	Min.	%	Min.	Min	%	l	l	l	g	kg	kg	kg	%	%	%	%	%
35	Dolomitkalk aus dem Dolomitgebirge u. Kalkwerk Bärenſtein, Gemeinde Büsbach bei Stolberg (Rheinland)	3	8	31	4	30	166,5	5,129	3,328	2,924	49	0,427	0,658	1,416	18,0	10,0	8,0	2,0	1,0
36	Dornap-Wuppertaler Weißkalk aus dem Kalkofen des Hrn. M. Heimann zu Sandfeld bei Dornap; Rheinſand; Schlackenſand; Antr.: Kalkbrennereibeſ. Carl Tips-Rüdel zu Barmen (Wuppertal)	1	4	25	2	12	280	3,892	2,824	4,174	57	0,560	0,772	1,278	44,0	34,0	30,0	14,0	10,0
												Rheinſand 1,415	1,638	—	100,0	98,0	88,0	54,0	26,0
												Schlackenſand 0,878	1,122	—	100,0	100,0	98,0	94,0	90,0
37	Hydrauliſcher Kalk in Pulverform; Portland-Cement; Urſprungsangabe nicht geſtattet	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,600	1,000	—	6,0	2,0	0,0	—	—
												Cement 1,280	1,969	—	22,0	—	1,0	0,0	—

8. gesiebten Kalkpulvers	9. Wärme der Luft C°	9. Wärme des Anmache-Wassers C°	10. Feuchtigkeit der Luft %	11. Mörtel-Mischung der Festigkeitsproben und Wasseranspruch (%)	12. Dichte der Zugproben nach dem Einschlagen	12. Dichte der Druckproben nach dem Einschlagen	13. Art der Erhärtung	14. Zugfestigkeit nach 28 Tagen	14. Zugfestigkeit nach 60 Tagen	14. Zugfestigkeit nach 90 Tagen	15. Druckfestigkeit nach 28 Tagen	15. Druckfestigkeit nach 60 Tagen	15. Druckfestigkeit nach 90 Tagen	16. Bemerkungen	17. Journ.-Nr.
—	18,8	16,7	64	1 Vol.-Thl. Traßmehl + [3] 1 „ Fettkalkteig + 2 „ Rheinsand (16,3 %)	2,042	—	1 Tag an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	14 Tg. 28 Tg. 17,00 22,00 **15,55** **20,43** 14,25 18,00	—	—	—	—	—	Für die in Vol.-Thl. herzustell. Mörtelmischung wurden die Vol.-Gewichte der Substanzen für Traßmehl auf 1000 Kalkteig „ 1400 Rheinsand „ 1500 g für 1 Liter benutzt.	7523 7527
							Nur an feuchter Luft	— **19,75** 18,00	21,50	—	—	—	—		
,778	18,6	17,2	69	1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 3 „ Normalsand (12 %)	2,042	2,039	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	1,05 **0,72** 0,44	—	—	5,04 **3,92** 2,80	—	—	Die Herstellung der Probekörper erfolgte 13 Tage nach dem Ablöschen des Kalkes.	7735
							Nur an der Luft	3,65 **3,08** 2,54	—	—	13,44 **11,77** 10,08	—	—		
,381	18,6	17,2	69	1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 3 „ Normalsand (13 %)	2,113	2,107	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	6,00 12,00 13,25 **5,55** **10,65** **12,35** 5,00 10,00 11,50			35,8 72,8 81,8 **32,9** **66,7** **77,1** 26,9 58,2 71,7			Die Herstellung der Probekörper erfolgte 7 Tage nach dem Ablöschen des Kalkes.	7891
							Nur an der Luft	9,50 14,00 16,50 **8,50** **12,55** **15,00** 8,00 11,50 13,75			47,0 66,1 78,4 **40,1** **62,3** **71,9** 35,8 60,5 67,2				
				1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 5 „ Normalsand (11 %)	2,085	2,085	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	5,00 8,50 10,00 **4,50** **7,80** **9,50** 3,75 7,25 9,00			24,6 54,9 65,0 **22,2** **49,7** **60,0** 20,2 43,7 53,8				
							Nur an der Luft	8,00 11,50 12,00 **6,60** **9,90** **11,15** 5,25 8,00 10,50			25,8 50,4 61,6 **24,0** **46,2** **58,7** 21,3 42,6 57,1				
				1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 5 „ Neuwieder Bimssand (8,5 %)	1,493	1,487	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	10,50 12,25 16,00 **9,20** **11,60** **14,65** 8,00 11,00 13,50			53,8 78,4 104,2 **46,8** **74,6** **92,7** 39,2 71,7 87,4				
							Nur an der Luft	8,25 12,50 14,50 **7,65** **11,15** **13,35** 6,75 9,25 12,50			58,2 76,2 99,7 **56,4** **73,7** **88,7** 54,9 71,7 82,9				
—	19,3	17,2	69	1 Vol.-Thl. Fettkalkteig + [3] 3,5 „ Rheinsand + 6 „ Traßmehl (25 %)	1,930	1,927	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	6 Wch. 12 Wch. 22,00 25,25 — **20,65** **23,65** 19,25 22,25			6 Wch. 12 Wch. 138,9 164,6 — **129,7** **155,2** 122,1 145,6			Die Volumentheile wurden nach den Gewichten der Substanzen für 1 Liter eingelaufen bezw. eingefüllt bestimmt.	8132 8135
							Nur an der Luft	9,00 9,50 — **7,38** **8,13** 6,00 6,50			96,3 112,0 — **86,1** **98,0** 79,5 88,5				
				4 Vol.-Thl. Fettkalkteig + [3] 4 „ Rheinsand + 6 „ Traßmehl (22 %)	1,901	1,899	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	21,00 29,50 — **20,85** **27,18** 19,25 25,25			142,2 179,2 — **131,9** **166,9** 123,2 156,8				
							Nur an der Luft	10,00 10,50 — **8,03** **9,53** 6,50 8,75			105,3 128,8 — **88,2** **107,1** 78,4 96,3				

[3]) Rückstand des Traßmehls [4]) des Rheinsandes

auf 240 Maschen für 1 qcm 2,0 % 35,0 %
„ 180 „ „ 1 „ 0,6 „ 21,0 „
„ 120 „ „ 1 „ 0,0 „ 18,0 „
„ 60 „ „ 1 „ — 10,0 „
„ 30 „ „ 1 „ — 7,0 „

[5]) Bei den mit dem Mörtel angestellten Wasserdurchlässigkeitsversuchen erwies sich derselbe für die unter Wasser erhärteten Proben als wasserdicht, während die Luftproben bei einem Alter von 6 Wochen 3—4 Stunden nach dem Einlegen in den Apparat an der unteren Fläche schwach feuchte Stellen zeigten, welche sich langsam zu einer leichten Tropfenbildung entwickelten. Bei einem Alter von 12 Wochen standen indeß auch die Luftproben dicht.

1.	2.	3.						4.			5.	6.			7.			
Nr.	Name der Antragſteller (Urſprung der Materialien)	Die Ablöſchung						2 l Stückkalk in Wallnußgröße ergaben an			Waſſer-Verluſt von 100 g Kalkteig beim Glühen	Gewicht des			Rückſtand des auf Siebe von 20 l für 1 qcm abgeſiebte pulvers auf			
		in Pulverform			in Teigform			Kalkpulver		Kalkteig		Kalkpulvers für 1 Liter		Kalkteigs für 1 Liter	5000	2500	900	600
		begann nach Min.	war beendet in Min.	beanſpruchte an Waſſer %	begann nach Min.	war beendet in Min.	beanſpruchte an Waſſer %	eingelaufen l	eingerüttelt l	butterartiger Konſiſtenz l	g	eingelaufen kg	eingerüttelt kg	kg	Maſchen für 1 q			
															%	%	%	%
37	Hydrauliſcher Kalk in Pulverform; Portland-Cement; Urſprungsang. nicht geſtattet	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,600	1,000	—	6,0	2,0	0,0	—
											Cement	1,280	1,969	—	22,0	1,0	0,0	—
38	Cementkalk aus dem in der Unterrißdorfer Flur belegenen Cementkalkwerk von Buſchau & Rath zu Eisleben	—	—	—	7	25	106,0	—	—	3,504 [3]	43	0,980 [4]	1,414 [4]	1,507	42,0	36,0	23,0	14,0
39	Fettkalk, Marmorkalk u. drei Traßſorten (I, II u. III) [2]; Urſprungsangabe nicht geſtattet	Fettkalk 1	4	32,50	—	—	215,0	4,783	3,218	3,214	50	0,485	0,724	1,363	16,0	8,0	6,0	2,0
		Marmorkalk 0	3	30,65	—	—	250,8	4,595	3,426	5,665	54	0,642	0,864	1,264	60,0	20,0	3,0	0,0
											Traß I	0,885	1,308	—	34,0	24,0	13,0	8,0
											Traß II	0,903	1,368	—	34,0	22,0	13,0	7,0
											Traß III	0,937	1,291	—	50,0	38,0	32,0	26,0

[1] Die Zugfeſtigkeit betrug für 1 Jahr alte Proben: 19,25 kg für 1 qcm, die Druckfeſtigkeit: 134,7 kg für 1 qcm.
[2] „ „ „ 1 „ „ „ 10,40 „ „ 1 „ „ „ 121,5 „ „ 1 „
[3] Ergebniß von 2 Liter pulverförmigem ungelöſchtem Cementkalk.
[4] Gewichtszahlen für das ungelöſchte Cementkalkpulver.
[5] Rückſtand des ungelöſchten Kalkpulvers. Daſſelbe betrug auf 240 Maſchen für 1 qcm 3,0 %, auf 180 Maſchen für 1 qcm 0,0 %

[5] Rückſtand des Kalkpulvers	[5] des Traſſes I	[5] des Traſſes II	[5] des Traſſes III
auf 240 Maſchen für 1 qcm . . . 3,0 %	5,0 %	4,0 %	17,0 %
„ 180 „ „ 1 „ „ . . . 0,0 „	3,5 „	3,0 „	12,0 „
„ 120 „ „ 1 „ „ . . . 0,0 „	1,0 „	1,0 „	9,0 „
„ 10 „ „ 1 „ „ . . . „	0,0 „	0,0 „	2,0 „

9. Wärme der Luft C°	9. Wärme des Anmache-Waſſers C°	10. Feuchtigkeit der Luft %	11. Mörtel-Miſchung der Feſtigkeitsproben und Waſſeranſpruch (%)	12. Dichte der Zugproben nach dem Einſchlagen	12. Dichte der Druckproben nach dem Einſchlagen	13. Art der Erhärtung	14. Zugfeſtigkeit nach 28 Tagen	14. Zugfeſtigkeit nach 60 Tagen	14. Zugfeſtigkeit nach 90 Tagen	15. Druckfeſtigkeit nach 28 Tagen	15. Druckfeſtigkeit nach 60 Tagen	15. Druckfeſtigkeit nach 90 Tagen	16. Bemerkungen	17. Journ.-Nr.
							28 Tg.	90 Tg	180 Tg.	28 Tg.	90 Tg.	180 Tg.		
19,8	17,0	72	1 Vol.-Thl. Kalkpulver + 5 „ Normalſand + ½ „ Cement (8½ %)	2,155	2,152	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unt. Waſſer[1])	9,25	14,75	17,50	69,1	93,0	117,6	geſtellten Mörtelmiſchungen wurden die Gewichte der Subſtanzen für 1 Liter eingerüttelt benutzt.	8918
							8,55	**13,63**	**15,73**	**58,5**	**86,5**	**112,0**		8920
							7,50	12,75	13,00	51,8	79,5	105,3		
						Nur an der Luft[2])	6,00	7,00	9,25	62,6	78,4	96,3		
							5,35	**6,25**	**7,45**	**52,5**	**73,4**	**85,8**		
							4,75	5,75	5,00	43,2	65,0	65,0		
18,2	17,1	62	1 Vol.-Thl. Kalkteig + 2 „ Normalſand (11,1 %)	2,169	2,166	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Waſſer	2,43	4,00	5,00	17,9	25,9	32,4	Für die nach Vol.-Theilen herzuſtellenden Miſchungen wurden die Gewichte der Subſtanzen für 1 Liter eingerüttelt benutzt. Die Herſtellung der Probekörper erfolgte 3 Tage nach dem Ablöſchen des Kalkes.	9094
							2,21	**3,85**	**4,70**	**16,1**	**24,5**	**31,1**		
							2,03	3,50	4,25	14,6	23,8	29,2		
						Nur an der Luft	3,94	5,25	6,25	20,2	31,3	37,8		
							3,70	**4,95**	**5,75**	**19,5**	**29,6**	**36,1**		
							3,56	4,75	5,25	17,9	27,2	34,6		
			1 Vol.-Thl. Kalkteig + 3 „ Normalſand (8,7 %)	2,070	2,065	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Waſſer	2,69	2,75	3,68	10,7	17,3	21,6		
							2,14	**2,53**	**3,27**	**9,7**	**14,8**	**19,4**		
							1,56	2,22	2,93	8,4	13,2	17,3		
						Nur an der Luft	3,94	4,50	5,00	15,7	20,5	27,0		
							3,63	**4,22**	**4,65**	**13,0**	**19,2**	**24,8**		
							3,47	4,00	4,50	6,7	18,3	23,8		
							14 Tg.	28 Tg.		14 Tg.	28 Tg.			
19,5	16,0	65	2 Gew.-Thl. Traß I + 1 „ Fettkalkpulv. + 3 „ Normalſand (16 %)	1,972	1,972	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Waſſer	14,25	16,50	—	68,0	98,3	—		9331
							11,70	**14,95**		**63,4**	**90,2**		Die Herſtellung der Probekörper erfolgte 3 Tage nach dem Ablöſchen d. Kalke.	9333
							10,00	13,50		59,4	78,8			
			2 Gew.-Thl. Traß I + 1 „ Marmorkalkpulver + 3 „ Normalſand (15 %)	1,986	1,980	desgl.	10,00	16,25	—	65,9	81,0	—		
							7,95	**14,78**		**58,9**	**76,4**			
							6,50	13,50		51,8	71,3			
			2 Gew.-Thl. Traß II + 1 „ Fettkalkpulv. + 3 „ Normalſand (16 %)	1,986	1,986	desgl.	8,50	15,00	—	56,2	86,4	—		
							7,35	**13,38**		**49,6**	**78,3**		Die Herſtellung der Probekörper erfolgte 5 Tage nach dem Ablöſchen d. Kalke.	
							6,50	12,00		43,2	71,3			
			2 Gew.-Thl. Traß II + 1 „ Marmorkalkpulver + 3 „ Normalſand (15 %)	1,986	1,980	desgl.	6,00	16,00	—	45,4	75,6	—		
							5,03	**13,63**		**41,5**	**68,5**			
							4,50	12,00		37,8	63,7			
			2 Gew.-Thl. Traß III + 1 „ Fettkalkpulv. + 3 „ Normalſand (16 %)	1,958	1,955	desgl.	15,50	18,50	—	97,2	118,8	—		
							14,55	**17,28**		**90,3**	**110,4**		Die Herſtellung der Probekörper erfolgte 7 Tage nach dem Ablöſchen d. Kalke.	
							13,50	16,00		84,2	97,2			
			2 Gew.-Thl. Traß III + 1 „ Marmorkalkpulver + 3 „ Normalſand (15 %)	1,958	1,955	desgl.	14,50	18,25	—	94,0	108,0	—		
							12,80	**17,00**		**84,8**	**98,2**			
							11,00	15,75		77,8	90,7			

[1]) Bei der Ausführung der Nadelproben ergab ſich die Belaſtung in kg der 1 qmm meſſenden kreisrunden Nadel bis zu einer 5 mm tiefen ung derſelben im Mittel aus fünf Verſuchen nach:

bei dem Mörtel aus	1 Tage	2 Tagen	3 Tagen	4 Tagen
:w.-Thl. Traß I + Fettkalkpulver + Waſſer } auf:	1,309 kg	1,916 kg	2,525 kg	3,558 kg
:w.-Thl. Traß II + Fettkalkpulver + Waſſer } auf:	1,088 kg	1,321 kg	1,874 kg	2,320 kg
:w.-Thl. Traß III + Fettkalkpulver + Waſſer } auf:	2,774 kg	4,601 kg	7,130 kg	9,891 kg

Die Nadelprobe wurde an Probekörpern ausgeführt, welche unmittelbar nach dem Eindrücken des Mörtels in die hierzu beſtimmten Blechdoſen, bezw. nach der Herſtellung unter Waſſer von 15,5 C° bis 16,5 C° gebracht worden waren.

1.	2.	3.						4.			5.	6.			7.				
Nr.	Name der Antrag-steller (Urſprung der Materialien)	Die Abl öſchung						2 l Stückkalk in Wallnußgröße ergaben an			Waſſer-Verluſt von 100 g Kalk-teig beim Glühen	Gewicht des			Rückſtand des auf d Siebe von 20 Ma für 1 qcm abgeſiebten pulvers auf				
		in Pulverform			in Teigform			Kalkpulver		Kalk-teig		Kalkpulvers für 1 Liter		Kalk-teigs für 1 Liter	5000	2500	900	600	
		begann nach	war beendet in	beanſpruchte an Waſſer	begann nach	war beendet in	beanſpruchte an Waſſer	eingelaufen	eingerüttelt	butterartiger Konſiſtenz		eingelaufen	eingerüttelt		Maſchen für 1 qcm				
		Min.	Min.	%	Min.	Min.	%	l	l	l	g	kg	kg	kg	%	%	%	%	
40	Marmorkalk aus dem Kalkwerk Lackenholz der Aktien-Geſellſchaft Harzer Werke zu Rübeland u. Zorge in Blankenburg a. Harz	0	2	25,0	1	7	270,0	3,973	2,785	4,329	47	0,584	0,833	1,289	30,0	26,0	24,0	16,0	1
41	Hydrauliſcher Kalk, in Pulverform abgelöſcht; Journ.-Nr. 9581	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,630	1,011	—	22,0	16,0	7,0	3,0	
42	Gebrannter Stückkalk: Urſprungsangabe nicht geſtattet	1	3	40,3	2	8	284,0	5,150	3,239	4,338	48	0,400	0,636	1,231	8,0	4,0	1,0	0,0	

% Rückſtand des Kalkpulvers

auf 240 Maſchen für 1 qcm . . 11,0 %
. 180 . . 1 . . . 9,0 .
. 120 . . 1 . . . 7,0 .
. 60 . . 1 . . . 2,0 .

	10.	11.	12.		13.	14.			15.			16.	17.
ne des zugegebenen Waſſers C°	Feuchtigkeit der Luft %	Mörtel-Miſchung der Feſtigkeitsproben und Waſſeranſpruch (%)	Dichte der Zugproben nach dem Einſchlagen	Dichte der Druckproben nach dem Einſchlagen	Art der Erhärtung	Zugfeſtigkeit nach 28 Tagen	Zugfeſtigkeit nach 60 Tagen	Zugfeſtigkeit nach 90 Tagen	Druckfeſtigkeit nach 28 Tagen	Druckfeſtigkeit nach 60 Tagen	Druckfeſtigkeit nach 90 Tagen	Bemerkungen	Journ.-Nr.
7,3	66	1 Vol.-Thl. Kalkteig + 2 „ Normalſand (8,7 %)	2,085	2,085	4 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Waſſer	0,70 **0,62** 0,50	0,83 **0,68** 0,60	0,98 **0,81** 0,76	4,86 **4,70** 4,32	7,56 **6,70** 5,40	10,80 **9,61** 8,64	Für die nach Vol.-Theilen herzuſtellenden Miſchungen wurden die Gewichte der Subſtanzen für 1 Liter eingerüttelt, bezw. eingefüllt benutzt. Die Herſtellung der Probekörper erfolgte 11 Tage nach dem Ablöſchen des Kalkes.	9483
					Nur an der Luft	3,63 **2,90** 2,40	3,58 **3,28** 2,91	4,31 **3,84** 3,29	13,50 **12,74** 11,88	18,36 **16,42** 15,12	24,84 **23,98** 22,68		
		1 Vol.-Thl. Kalkteig + 3 „ Normalſand (7,5 %)	1,944	1,941	4 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Waſſer	0,83 **0,59** 0,46	0,82 **0,64** 0,43	0,90 **0,77** 0,68	4,32 **3,13** 2,16	5,40 **4,54** 3,24	8,64 **7,45** 5,94		
					Nur an der Luft	2,09 **1,93** 1,78	2,46 **2,35** 2,17	3,07 **2,81** 2,13	10,80 **9,93** 8,64	13,00 **11,99** 10,80	17,28 **16,42** 14,58		
		1 Vol.-Thl. Kalkteig + 4 „ Normalſand (6,4 %)	1,901	1,900	5 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Waſſer	0,50 **0,43** 0,37	0,71 **0,61** 0,48	0,79 **0,73** 0,63	3,78 **2,73** 2,16	5,40 **4,06** 3,00	8,10 **7,13** 5,40		
					Nur an der Luft	1,25 **1,16** 1,03	1,66 **1,62** 1,55	2,05 **1,84** 1,59	7,56 **6,37** 4,32	10,80 **10,05** 9,72	17,28 **13,72** 8,64		
7,0	68	1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 3 „ Normalſand (11 %)	2,211	2,206	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Waſſer	7 Tg. — 	28 Tg. 1,47 **1,18** 1,00	— 	7 Tg. 10,80 **10,04** 8,64	28 Tg. 23,76 **18,14** 15,12	— 	—	9581
					Nur an der Luft	6,50 **5,64** 5,00	8,50 **6,95** 6,25	— 	24,84 **23,54** 21,60	37,80 **35,86** 33,48	— 		
		1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 4 „ Normalſand (10 %)	2,141	2,135	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Waſſer	0,73 **0,64** 0,59	0,95 **0,84** 0,69	— 	10,80 **7,99** 6,48	14,04 **12,31** 10,80	— 		
					Nur an der Luft	5,00 **4,46** 3,51	6,00 **5,09** 4,00	— 	18,36 **16,85** 15,12	25,92 **24,84** 23,76	— 		
7,2	69	1 Vol.-Thl. Kalkpulver + 2 „ Normalſand (12 %)	2,113	2,107	7 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Waſſer	28 Tg. 0,70 **0,61** 0,50	60 Tg. 1,08 **0,97** 0,84	— 	28 Tg. 7,56 **6,48** 5,40	60 Tg. 11,88 **10,91** 9,72	— 	Für die Mörtelmiſchungen ſind die Gewichte für 1 Liter eingerüttelt benutzt worden. Die Anfertigung der Probekörper erfolgte 8 Tage nach dem Ablöſchen des Kalkes.	9582
					Nur an der Luft	2,71 **2,48** 2,14	4,89 **3,82** 3,42	— 	12,96 **11,77** 10,80	19,44 **17,82** 16,20	— 		
		1 Vol.-Thl. Kalkpulver + 3 „ Normalſand (10 %)	2,028	2,023	7 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Waſſer	0,58 **0,45** 0,43	1,04 **0,86** 0,75	— 	4,86 **3,89** 2,70	8,10 **7,34** 6,48	— 		
					Nur an der Luft	2,71 **2,30** 1,99	4,25 **3,49** 2,48	— 	9,18 **8,42** 7,56	14,04 **13,63** 12,96	— 		

1.	2.	3.						4.			5.	6.			7.					
Nr.	Name der Antragsteller (Ursprung der Materialien)	Die Ablöschung						2 l Stückkalk in Wallnußgröße ergaben an			Wasser-Verlust von 100 g Kalkteig beim Glühen	Gewicht des			Rückstand des auf ein Siebe von 20 Masch für 1 qcm abgesiebten Kal pulvers auf					
		in Pulverform			in Teigform			Kalkpulver		Kalkteig		Kalkpulvers für 1 Liter		Kalkteigs für 1 Liter	5000	2500	900	600	3	
		begann nach	war beendet in	beanspruchte an Wasser	begann nach	war beendet in	beanspruchte an Wasser	eingelaufen	eingerüttelt	butterartiger Konsistenz		eingelaufen	eingerüttelt		Maschen für 1 qcm					
		Min.	Min.	%	Min.	Min.	%	l	l	l	g	kg	kg	kg	%	%	%	%	%	
40	Marmorkalk aus dem Kalkwerk Lackenholz der Aktien-Gesellschaft Harzer Werke zu Rübeland u. Zorge in Blankenburg a. Harz	0	2	25,0	1	7	270,0	3,973	2,785	4,329	47	0,584	0,833	1,289	30,0	26,0	24,0	16,0	13,	
41	Hydraulischer Kalk, in Pulverform abgelöscht; Journ.-Nr. 9581	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,630	1,011	—	22,0	16,0	7,0	3,0	0	
42	Gebrannter Stückkalk; Ursprungsangabe nicht gestattet	1	3	40,5	2	8	284,0	5,150	3,239	4,338	48	0,400	0,636	1,231	8,0	4,0	1,0	0,0	—	

			Rückstand des Kalkpulvers	
auf	240	Maschen	für 1 qcm	11,0 %
"	180	"	" 1 "	9,0 "
"	120	"	" 1 "	7,0 "
"	60	"	" 1 "	2,0 "

8.	9.		10.	11.	12.		13.	14.			15.			16.	17.
	Wärme				Dichte der			Zugfestigkeit nach			Druckfestigkeit nach				
	der Luft	des Anmache-Wassers	Feuchtigkeit der Luft	Mörtel-Mischung der Festigkeitsproben und Wasseranspruch (%)	Zugproben	Druckproben	Art der Erhärtung	28	60	90	28	60	90	Bemerkungen	Journ.-Nr.
	C°	C°	%		nach dem Einschlagen			Tagen			Tagen				
212	19,6	17,3	66	1 Vol.-Thl. Kalkteig + 2 „ Normalsand (8,7 %)	2,085	2,085	4 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	0,70	0,83	0,98	4,86	7,56	10,80	Für die nach Vol.-Theilen herzustellenden Mischungen wurden die Gewichte der Substanzen für 1 Liter eingerüttelt, bezw. eingefüllt benutzt. Die Herstellung der Probekörper erfolgte 11 Tage nach dem Ablöschen des Kalkes.	9483
								0,62	**0,68**	**0,81**	**4,70**	**6,70**	**9,61**		
								0,50	0,60	0,76	4,32	5,40	8,64		
							Nur an der Luft	3,63	3,58	4,31	13,50	18,36	24,84		
								2,90	**3,28**	**3,84**	**12,74**	**16,42**	**23,98**		
								2,40	2,91	3,29	11,88	15,12	22,68		
				1 Vol.-Thl. Kalkteig + 3 „ Normalsand (7,5 %)	1,944	1,941	4 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	0,83	0,82	0,90	4,32	5,40	8,64		
								0,59	**0,64**	**0,77**	**3,13**	**4,54**	**7,45**		
								0,46	0,43	0,68	2,16	3,24	5,94		
							Nur an der Luft	2,09	2,46	3,07	10,80	13,00	17,28		
								1,93	**2,35**	**2,81**	**9,93**	**11,99**	**16,42**		
								1,78	2,17	2,13	8,64	10,80	14,58		
				1 Vol.-Thl. Kalkteig + 4 „ Normalsand (6,4 %)	1,901	1,900	5 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	0,50	0,71	0,79	3,78	5,40	8,10		
								0,43	**0,61**	**0,73**	**2,73**	**4,06**	**7,13**		
								0,37	0,48	0,63	2,16	3,00	5,40		
							Nur an der Luft	1,25	1,66	2,05	7,56	10,80	17,28		
								1,16	**1,62**	**1,84**	**6,37**	**10,05**	**13,72**		
								1,03	1,55	1,59	4,32	9,72	8,64		
300	18,0	17,0	68	1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 3 „ Normalsand (11 %)	2,211	2,206	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	7 Tg. —	28 Tg. 1,47	—	7 Tg. 10,80	28 Tg. 23,76	—	—	9581
									1,18		**10,04**	**18,14**			
									1,00		8,64	15,12			
							Nur an der Luft	6,50	8,50	—	24,84	37,80	—		
								5,64	**6,95**		**23,54**	**35,86**			
								5,00	6,25		21,60	33,48			
				1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 4 „ Normalsand (10 %)	2,141	2,135	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	0,73	0,95	—	10,80	14,04	—		
								0,64	**0,84**		**7,99**	**12,31**			
								0,59	0,69		6,48	10,80			
							Nur an der Luft	5,00	6,00	—	18,36	25,92	—		
								4,46	**5,09**		**16,85**	**24,84**			
								3,51	4,00		15,12	23,76			
232	20,5	17,2	69	1 Vol.-Thl. Kalkpulver + 2 „ Normalsand (12 %)	2,113	2,107	7 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	28 Tg. 0,70	60 Tg. 1,08	—	28 Tg. 7,56	60 Tg. 11,88	—	Für die Mörtelmischungen sind die Gewichte für 1 Liter eingerüttelt benutzt worden. Die Anfertigung der Probekörper erfolgte 8 Tage nach dem Ablöschen des Kalkes.	9582
								0,61	**0,97**		**6,48**	**10,91**			
								0,50	0,84		5,40	9,72			
							Nur an der Luft	2,71	4,89	—	12,96	19,44	—		
								2,48	**3,82**		**11,77**	**17,82**			
								2,14	3,42		10,80	16,20			
				1 Vol.-Thl. Kalkpulver + 3 „ Normalsand (10 %)	2,028	2,023	7 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	0,58	1,04	—	4,86	8,10	—		
								0,45	**0,86**		**3,89**	**7,34**			
								0,43	0,75		2,70	6,48			
							Nur an der Luft	2,71	4,25	—	9,18	14,04	—		
								2,30	**3,49**		**8,42**	**13,63**			
								1,99	2,48		7,56	12,96			

1.	2.	3.						4.			5.	6.			7.				
Nr.	Name der Antragſteller (Urſprung der Materialien)	Die Ablöſchung						2 l Stückkalk in Wallnußgröße ergaben an			Waſſer-Verluſt von 100 g Kalkteig beim Glühen	Gewicht des			Rückſtand des auf einem Siebe von 20 Maſchen für 1 qcm abgeſiebten Kalkpulvers auf				
		in Pulverform			in Teigform			Kalkpulver		Kalkteig		Kalkpulvers für 1 Liter		Kalkteigs für 1 Liter	5000	2500	900	600	324
		begann nach	war beendet in	beanſpruchte an Waſſer	begann nach	war beendet in	beanſpruchte an Waſſer	eingelaufen	eingerüttelt	butterartiger Konſiſtenz		eingelaufen	eingerüttelt		Maſchen für 1 qcm				
		Min.	Min.	%	Min.	Min.	%	l	l	l	g	kg	kg	kg	%	%	%	%	%
48	Baukalk der Kalkwerke Gänſefurth bei Hecklingen i. Anhalt	2	6	32,2	3	12	261,6	5,000	3,211	4,241	55	0,436	0,679	1,259	3,0	0,1	0,0	—	—
49	Cementkalk[1]) der Kalkwerke Gänſefurth bei Hecklingen i. Anhalt	—	—	—	—	25	122,5	—	—	2,752	50	1,077[2])	1,418[2])	1,461	36,0[2])	28,0[2])	24,0[2])	20,0[2])	18,0
50	Waſſerkalk des Kalkwerkes Weſtfalia Thoholte & Co. zu Geſeke i. W.	1	4	33,5	3	12	125,0	4,141	2,695	2,316	46	0,483	0,742	1,468	8,0	0,6	0,5	0,3	0,2
51	Aſchaffenburger Schwarzkalk aus den Vereinigten Aſchaffenb. Kalkwerken, vorm. Hein & Stenger; Amtr.: Hubaleck & Maring zu Steeten bei Runkel a. d. Lahn	7	28	35	40	1¾ Std.	167,2	5,189	3,094	2,659	49	0,424	0,711	1,448	6,0	0,6	0,0	—	—

[1]) Der Cementkalk wurde in Pulverform eingereicht und wurde für die Prüfung in Kalkteig abgelöſcht.

9. Wärme der Luft C°	9. Wärme des Anmache-Wassers C°	10. Feuchtigkeit der Luft %	11. Mörtel-Mischung der Festigkeitsproben und Wasseranspruch (%)	12. Dichte der Zugproben nach dem Einschlagen	12. Dichte der Druckproben nach dem Einschlagen	13. Art der Erhärtung	14. Zugfestigkeit nach 28 Tagen	14. Zugfestigkeit nach 60 Tagen	14. Zugfestigkeit nach 90 Tagen	15. Druckfestigkeit nach 28 Tagen	15. Druckfestigkeit nach 60 Tagen	15. Druckfestigkeit nach 90 Tagen	16. Bemerkungen	17. Journ.-Nr.
0,0	19,0	66	1 Vol.-Thl. Kalkpulver + 1 „ Normalsand (15 %)	2,014	2,008	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	2,25 **2,11** 1,95	4,06 **3,71** 2,93	5,00 **4,80** 4,50	20,5 **19,0** 18,4	23,8 **21,8** 20,5	31,3 **28,1** 25,9	Für die Mörtelmischungen sind die Gewichte der Substanzen für 1 Liter eingerüttelt benutzt worden. Die Herstellung der Probekörper erfolgte 8 Tage nach dem Ablöschen des Kalkes.	10679
						Nur an der Luft	4,65 **4,33** 4,00	7,00 **6,30** 5,00	9,00 **7,75** 7,00	25,9 **24,6** 23,8	29,2 **26,3** 24,8	28,1 **27,2** 25,9		
			1 Vol.-Thl. Kalkpulver + 2 „ Normalsand (12 %)	2,085	2,084	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	1,67 **1,46** 1,32	2,47 **2,28** 2,14	3,04 **2,53** 2,14	13,0 **12,1** 10,8	15,1 **13,4** 11,9	15,1 **14,7** 14,0		
						Nur an der Luft	3,92 **3,51** 2,89	4,18 **3,91** 3,68	5,25 **5,10** 5,00	15,1 **14,2** 14,0	15,1 **14,5** 13,0	18,4 **17,5** 16,2		
0,0	19,0	66	1 Vol.-Thl. Kalkteig + 1 „ Normalsand (19 %)	2,042	2,037	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	3,78 **3,17** 2,74	7,50 **6,80** 6,25	9,50 **8,55** 7,50	21,6 **21,4** 20,5	43,2 **40,2** 37,8	61,6 **54,4** 51,8	Bestimmung der Mörtelmischungen wie vorher.	10680
						Nur an der Luft	5,50 **5,04** 4,10	7,50 **6,25** 5,25	9,75 **8,65** 7,25	30,2 **26,3** 24,8	29,2 **24,2** 19,4	29,2 **26,4** 22,7		
			1 Vol.-Thl. Kalkteig + 2 „ Normalsand (12,5 %)	2,141	2,141	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	3,68 **3,27** 2,68	5,50 **5,00** 4,50	6,25 **5,95** 5,75	22,7 **21,6** 20,5	40,0 **36,3** 32,4	43,2 **41,1** 38,9		
						Nur an der Luft	4,60 **4,27** 3,93	5,50 **5,25** 4,50	6,50 **6,15** 5,50	21,6 **19,7** 17,3	22,7 **20,7** 19,4	27,0 **26,1** 24,8		
7,2	17,5	62	1 Vol.-Thl. Kalkpulver + 2 „ Normalsand (10 %)	2,169	2,169	3 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	4,10 **3,13** 2,73	7,00 **6,35** 5,50	8,75 **8,70** 8,50	19,4 **17,6** 16,7	33,4 **30,4** 25,9	56,2 **44,9** 40,0	Bestimmung der Mörtelmischungen wie vorher. Die Herstellung der Probekörper erfolgte 9 Tage nach dem Ablöschen des Kalkes.	10850
						Nur an der Luft	4,73 **4,41** 3,88	6,50 **5,85** 5,50	6,50 **5,95** 5,50	15,1 **14,8** 14,0	25,9 **23,8** 21,6	32,4 **29,8** 28,1		
			1 Vol.-Thl. Kalkpulver + 3 „ Normalsand (8 %)	2,000	2,000	7 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser	3,64 **3,26** 2,97	6,02 **5,29** 4,41	8,25 **7,90** 6,75	14,0 **12,8** 11,9	18,4 **17,3** 15,1	28,3 **24,5** 22,7		
						Nur an der Luft	4,02 **3,62** 3,26	4,18 **3,77** 3,50	5,25 **4,65** 4,25	13,0 **11,2** 9,7	19,4 **17,1** 15,1	20,5 **20,1** 19,4		
8,6	17,5	51	1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 2 „ Normalsand (14 %)	2,042	2,042	Nur an der Luft	—	—	10,00 **7,83** 6,25	—	—	33,5 **30,7** 27,0	Die Herstellung der Probekörper erfolgte 8 Tage nach dem Ablöschen des Kalkes.	10992
			1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 4 „ Normalsand (10½ %)	2,155	2,155	desgl.	—	—	5,00 **4,18** 3,50	—	—	32,4 **28,7** 25,9		

) Diese Zahlen beziehen sich auf den ungelöschten Cementkalk; derselbe hatte auf 240 Maschen für 1 qcm 16,0 % Rückstand.
„ 180 „ „ 1 „ 14,0 „ „
„ 120 „ „ 1 „ 13,0 „ „
„ 60 „ „ 1 „ 7,0 „ „
„ 20 „ „ 1 „ 0,0 „ „

1.	2.	3.						4.			5.	6.			7.					
Nr.	Name der Antragsteller (Ursprung der Materialien)	Die Ablöschung						2 l Stückkalk in Wallnußgröße ergaben an			Wasser-Verlust von 100 g Kalkteig beim Glühen	Gewicht des			Rückstand des auf einem Siebe von 20 Maschen für 1 qcm abgesiebten Kalkpulvers auf					
		in Pulverform			in Teigform			Kalkpulver		Kalkteig		Kalkpulvers für 1 Liter		Kalkteigs für 1 Liter	5000	2500	900	600	324	
		begann nach	war beendet in	beanspruchte an Wasser	begann nach	war beendet in	beanspruchte an Wasser	eingelaufen	eingerüttelt	butterartiger Konsistenz		eingelaufen	eingerüttelt		Maschen für 1 qcm					
		Min.	Min.	%	Min.	Min.	%	l	l	l	g	kg	kg	kg	%	%	%	%	%	
52	Cementkalk[1]; Journ.-Nr. 11296	—	—	—	4	29	120,0	—	—	3,636 [2]	50	0,845 [3]	1,340 [3]	1,429	4,0 [3]	1,0 [3]	0,6 [3]	0,3 [3]	0,0 [3]	
53	Kalk u. Cement ohne Ursprungsangabe; Grubensand; künstlicher Sand aus Porta-Sandstein; Antr.: Provinzial-Verband von Westfalen	2	6	30	4	14	170,0	5,361	3,438	3,025	49	0,388	0,605	1,349	—	—	—	—	—	
											Cement	1,256	1,780	—	26,0	—	0,3	0,0	—	
											Grubensand[4]	1,506	1,603	—						
											künstl. Sand[5]	1,465	1,651	—						

Was im Allgemeinen den Umfang und die Anordnung der vorstehend veröffentlichten Untersuchungen betrifft, so zeigen sich letztere in jeder der genannten Beziehungen auf den ersten Blick als außerordentlich verschieden, und zwar sowohl hinsichtlich der Mischungsarten und Altersklassen, als auch des Mischungsverhältnisses der Mörtelbestandtheile. Eine unmittelbare Folge dieser Verschiedenheit sind auch namentlich die Abweichungen in den Festigkeitsergebnissen.

Ein Hauptgrund für die Ungleichmäßigkeit der Prüfungen ist in dem verschiedenartigen Verwendungszwecke, dem die geprüften Materialien in den einzelnen Fällen dienen sollten, zu suchen, sowie auch darin, daß die angeführten Ergebnisse sich nicht nur auf Untersuchungen von Kalkmörteln, sondern auch auf solche von Traß-, Kalk-, beziehungsweise Cementkalkmörteln beziehen. Es lag indeß nahe, diese Ergebnisse in einer Tabelle zusammenzustellen, einerseits weil die genannten Untersuchungen immerhin in enger Beziehung zu einander stehen, andrerseits um zu zeigen, in welchem Grade die Erhärtungsenergie der Kalkmörtel durch Traß- und Cementzuschläge gefördert wird.

Nahezu einheitlich durchgeführt ist die Bestimmung der allgemeinen Eigenschaften der Materialien, welche Feststellung an und für sich ein Haupterforderniß ist. Es sind jedoch in obiger Zusammenstellung (Spalte 1—8) von den Angaben hierüber nur diejenigen enthalten, welche im vorliegenden Falle ein größeres Interesse beanspruchen, während z. B. von Bemerkungen über weniger in Betracht kommende Eigenschaften, wie über Farbe des Kalkpulvers, Wasseranspruch für Platten- und Gebrauchskonsistenz ꝛc. abgesehen wurde.

Der Wasseranspruch der Kalke schwankt, wie aus der Tabelle ersichtlich ist, für Ablöschung in Pulverform ebenso wie für diejenige in Teigform, und zwar für erstere zwischen

[1] Der Cementkalk wurde in Pulverform eingereicht und für die Prüfung zu Kalkteig abgelöscht.
[2] Ergebniß von 2 Liter Cementkalk.
[3] Bezieht sich auf den ungelöschten Cementkalk.

8. gepülvten Kalkpulvers	9. Wärme der Luft C°	9. Wärme des Anmache-Wassers C°	10. Feuchtigkeit der Luft %	11. Mörtel-Mischung der Festigkeitsproben und Wasseranspruch (%)	12. Dichte der Zug-proben nach dem Einschlagen	12. Dichte der Druck-proben nach dem Einschlagen	13. Art der Erhärtung	14. Zugfestigkeit nach 28 Tagen	14. Zugfestigkeit nach 60 Tagen	14. Zugfestigkeit nach 90 Tagen	15. Druckfestigkeit nach 28 Tagen	15. Druckfestigkeit nach 60 Tagen	15. Druckfestigkeit nach 90 Tagen	16. Bemerkungen	17. Journ.-Nr.
778	18,0	17,5	50	1 Gew.-Thl. Kalkteig + 2 „ Normalsand (11 %)	2,113	2,104	Nur an der Luft	5,00 **4,32** 3,75	—	6,00 **5,20** 5,00	22,7 **20,6** 18,4	—	28,1 **26,3** 24,8	—	11296
—	18,5	18,0	52	1 Vol.-Thl. Kalkteig + 3 „ Grubensand (11 %)	—	2,177	Nur an der Luft	—	—	—	—	25,9 **23,8** 18,4	—	Für die Mörtelmischungen sind die Gewichte der Substanzen für 1 Liter eingerüttelt bezw. eingefüllt benutzt worden. Die Herstellung der Probekörper erfolgte 5 Tage nach dem Ablöschen des Kalkes.	11344
				1 Vol.-Thl. Kalkteig + 3 „ künstl. Sand (13,6 %)	—	2,169	desgl.	—	—	—	—	25,9 **24,1** 20,5	—		
				1 Vol.-Thl. Cement + 10 „ Grubensand + 2 „ Kalkteig (11 %)	—	2,251	desgl.	—	—	—	—	87,5 **77,6** 68,0	—		
				1 Vol.-Thl. Cement + 10 „ künstl. Sand + 2 „ Kalkteig (13,5 %)	—	2,206	desgl.	—	—	—	—	85,3 **76,4** 70,9	—		

35% und 88%, für letztere zwischen 148% und 254%. Die Cementkalke weisen naturgemäß einen geringeren Wasseranspruch auf.

Die Grenzen für die Ergiebigkeit von 2 l Stückkalk in Wallnußgröße, zu Kalkpulver und Kalkteig abgelöscht, liegen

für Kalkpulver		für Kalkteig
eingelaufen	eingerüttelt	eingefüllt
zwischen 2,800 und 6,096 l.	2,400 und 3,724 l.	2,060 und 5,665 l.

Erhebliche Schwankungen weisen auch die für das Gewicht des Kalkpulvers für das Liter eingelaufen beziehungsweise eingerüttelt ermittelten Zahlen auf, während die Gewichte des Kalkteiges für das Liter eingefüllt im Allgemeinen weniger von einander abweichen.

Die Bestimmung dieser Gewichte war erforderlich, weil für die Herstellung der Mörtelmischungen nach Volumentheilen, je nach dem Wunsche der Antragsteller, theils die Gewichte der Mörtelbestandtheile für das Liter eingelaufen, theils die Gewichte für das Liter eingerüttelt benutzt werden mußten. In vielen Fällen erfolgte die Mischung der Bestandtheile nach Gewichtstheilen.

Wie leicht eingesehen werden kann, führt diese verschiedenartige Behandlung der Kalk- beziehungsweise Traßuntersuchungen zu den größten Abweichungen in den Versuchsergebnissen und macht einen Vergleich der letzteren nahezu unmöglich; es muß als eine bedauerliche Thatsache bezeichnet werden, daß die Kalk- und Traß-Interessenten bis jetzt noch nicht eine solche Gleichartigkeit in dem Wesen dieser Untersuchungen angestrebt haben, wie sie z. B. bei der Prüfung von Portlandcement bereits seit Jahren eingeführt ist.

*) Der Grubensand hatte 29,0 % Hohlräume. Die Druckfestigkeit des Mörtels aus 1 Vol.-Thl. Cement + 3 Vol.-Thl. Grubensand ergab sich für 28 Tage alte, an der Luft erhärtete Proben im Mittel aus 10 Versuchen auf: 179,3 kg/qcm.

*) Der künstliche Sand hatte 21,5 % Hohlräume. Die Druckfestigkeit des Mörtels aus 1 Vol.-Thl. Cement + 3 Vol.-Thl. künstl. Sand ergab sich für 28 Tage alte, an der Luft erhärtete Proben im Mittel aus 10 Versuchen auf: 209,0 kg/qcm.

Ein Beispiel dürfte das Gesagte näher erläutern.

Die Mörtelmischung des Kalkes unter Nr. 18 der Tabelle ist zusammengesetzt aus 1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 2 Gew.-Thl. Normalsand. Dies Verhältniß würde sich, in Volumentheilen ausgedrückt, falls die Gewichte für das Liter eingelaufen benutzt werden, wie folgt stellen:

1 Vol.-Thl. Kalkpulver + 0,474 Vol.-Thl. Normalsand oder

falls die Gewichte für das Liter eingerüttelt benutzt werden:

1 Vol.-Thl. Kalkpulver + 0,743 Vol.-Thl. Normalsand.

Dagegen würde die Mörtelmischung des Kalkes unter Nr. 42, welche aus 1 Vol.-Thl. Kalkpulver + 2 Vol.-Thl. Normalsand besteht, in Gewichtstheilen ausgedrückt, folgender Mischung entsprechen:

1 Gew.-Thl. Kalkpulver + 5,157 Gew.-Thl. Normalsand.

Wie hieraus deutlich ersichtlich ist, ergeben sich je nach Benutzung der Mischungsarten im Fettigkeitsgrade äußerst von einander abweichende Mörtelmischungen.

Um wenigstens für einzelne Fälle einen annähernden Vergleich der vorstehenden Resultate zu ermöglichen, ist in Spalte 16 der Tabellen eine Angabe darüber enthalten, welche Gewichte der Substanzen für die Herstellung der Mörtel, sofern dieselben nach Volumentheilen gemischt waren, verwandt worden sind. Erschwert wird ein beabsichtigter Vergleich der einzelnen Resultate noch durch den Umstand, daß theils Kalkpulver, theils Kalkteig für die Bereitung der Mörtel benutzt werden mußte.

Empfehlenswerth dürfte es sein, die Mischungen — der Praxis entsprechend — stets nach (gewogenen) Volumentheilen herzustellen, welche Behandlung auch den Fragestellern bei Auskunftsertheilung seitens der Prüfungsstation vorgeschlagen wird, oder aber den Kalk nur in der Form von Kalkteig zu verwenden.

Wie oben erwähnt, mußte das Kalkpulver, ehe es für die Herstellung der Mörtelmischungen zur Verwendung gelangte, einige Zeit lagern. Die Dauer dieser Lagerzeit schwankte je nach dem Wesen des Kalkes oder den Wünschen der Antragsteller zwischen fünf Tagen und drei Monaten. Daß die Dauer des Lagerns von erheblichem Einfluß ist, zeigen die in der Tabelle unter Nr. 29 veröffentlichten Ergebnisse einer in dieser Hinsicht sehr interessanten Kalkuntersuchung, woraus hervorgeht, daß die höchsten Festigkeitswerthe erzielt werden, wenn die Herstellung der Probekörper möglichst bald nach dem Ablöschen des Kalkes erfolgt. Es ist jedoch zweifellos, daß diese Art der Behandlung nicht die vortheilhafteste ist, denn innerhalb der kurzen Zeit löscht nur ein Theil des Kalkes vollkommen zu Kalkpulver und kann, da der übrige noch nicht vollständig gelöschte, grobkörnige Kalk nicht brauchbar ist und daher auf dem Siebe von 20 Maschen für das qcm abgesiebt wird, nur eine geringe Menge Kalkpulver vorläufig zur Mörtelbereitung verwendet werden.

Die Herstellung der Versuchskörper erfolgte, sofern eine andere Behandlung nicht beantragt wurde, bei den Mischungen mit Kalkpulver sofort nach dem Anmachen des Mörtels und bei der Mischung mit Kalkteig sobald der Mörtel, welcher, wie bereits erwähnt, behufs Aufsaugung auf Gypsplatten aufgegossen wurde, die zum Einschlagen erforderliche Konsistenz erlangt hatte.

Von außerordentlicher Bedeutung sind in dieser Beziehung die Ergebnisse der unter Nr. 12 angeführten Untersuchung, die im Wesentlichen allerdings den Zweck hatte, festzustellen, ob die Erhärtungsfähigkeit von Kalkmörtel durch geringen Cementzusatz auch dann noch erhöht wird, wenn der Mörtel erst längere Zeit nach dem Anmachen verwendet wird. Aus den

Versuchen ergiebt sich, daß die Verwendung des Mörtels am erfolgreichsten sofort nach dessen Anmachen geschieht.

Der Wasseranspruch der Mörtelmischungen ist je nach dem Festigkeitsgrade und der Art der Zusammensetzung verschieden, so z. B. bei fetten Mörteln höher als bei mageren, und bei reinen Kalkmörteln geringer als bei solchen mit Traßzuschlag.

Daß die Menge des Anmachewassers eine wichtige Rolle bei der Anfertigung der Probekörper spielt und namentlich zunächst auf deren Dichte einen bedeutenden Einfluß ausübt, ist eine allbekannte Thatsache. Bei der Feststellung des Wasserzusatzes wurde daher auch mit möglichster Genauigkeit verfahren.

Die für die Dichte beziehungsweise das spezifische Gewicht der von Hand eingeschlagenen Zug- und Druckproben von Mörteln der gleichen Zusammensetzung ermittelten Werthe zeigen kaum nennenswerthe Abweichungen, welche Thatsache auf die Anwendung von Handarbeit zurückzuführen ist, wobei das Einschlagen der Probekörper, wenn nur geübte Personen diese Operation vornehmen, gleichmäßiger und unter genauer Beobachtung des Zeitpunktes, in welchem die bekannte Wasserabsonderung an der Oberfläche der Proben eintritt und der Probekörper als fertig anzusehen ist, erfolgen kann.

Daß für die Anfertigung der Probekörper Handarbeit und keine Maschinenarbeit zur Benutzung gelangte, ist auch wohl schon angesichts der Verschiedenheit in der Zusammensetzung der Mörtelmischungen erklärlich, welche für jeden einzelnen Mörtel einen besonderen Aufwand von Arbeit bedingte.

Was die Art der Erhärtung der Probekörper betrifft, so mußte hierbei theils auf das Wesen der Mörtel, theils auf die Wünsche der Antragsteller Rücksicht genommen werden.

Durchschnittlich erhärteten die für die Erhärtung unter Wasser bestimmten Kalkmörtelproben nach der Herstellung drei Tage, in einzelnen Fällen auch 4, 5, 6 bis 14 Tage an der Luft, die übrige Zeit unter Wasser, während die Traßkalk- oder Cementkalkmörtelproben meist zunächst nur einen, höchstens zwei Tage an der Luft zu lagern hatten, bevor sie unter Wasser gebracht wurden.

Soweit angängig, wurden die Versuche sowohl auf Luftproben, wie auch auf Wasserproben ausgedehnt, um den Einfluß der Erhärtungsarten auf die Festigkeitseigenschaft der Mörtel kennen zu lernen.

Wie aus dem Vorhergesagten hervorgehen muß und auch aus den Tabellen selbst ersichtlich ist, geben die in der letzteren angegebenen Zug- und Druckfestigkeitswerthe ein buntes Bild, bedingt durch die Verschiedenheit der Mörtelzusammensetzung, Erhärtungsarten, Altersklassen und dergleichen, sodaß eine Vergleichsmöglichkeit nahezu ausgeschlossen ist.

Jedoch kann hinsichtlich der Festigkeitsresultate von Mörtelproben aus Kalkpulver beziehungsweise Kalkteig und Normalsand im Allgemeinen bemerkt werden, daß dieselben meist innerhalb bescheidener Grenzen liegen, ein Grund auch dafür, daß die Prüfungen sich auf ältere Probekörper erstreckten und nicht, wie Cementuntersuchungen, nur auf 7 beziehungsweise 28 Tage alte Probekörper beschränkt blieben.

Daß indeß auch Kalkmörtel der fraglichen Art erhebliche Festigkeiten erreichen können, zeigen die Untersuchungen unter Nr. 7, 10 und 33.

In unverhältnißmäßig hohem Grade wird die Erhärtungsenergie der Mörtel durch Traß- und Cementzuschläge gefördert, wie eine Reihe von Untersuchungen zur Genüge darthut.

Bemerkenswerthe Daten haben in dieser Beziehung die unter Nr. 3, 4, 5, 24, 25 und 26 (der Tabelle) veröffentlichten Versuchsergebnisse geliefert.

Aus der Betrachtung der Festigkeitswerthe, welche z. B. die Untersuchungen unter Nr. 3, 4 und 5 ergaben, geht Folgendes hervor:

Nr. 3 der Tabelle. Der Mörtel aus 1 Vol.-Thl. Kalkteig + 2 Vol.-Thl. Normalsand wird hinsichtlich der Zugfestigkeit durch den Mörtel aus 1 Vol.-Thl. Traßmehl + 1 Vol.-Thl. Kalkteig + 2 Vol.-Thl. Normalsand um eine Festigkeitssteigerung

nach 28 Tagen	nach 60 Tagen	nach 90 Tagen
von 1018%	868%	802%

geschlagen.

Nr. 4 der Tabelle. Der Mörtel aus 1 Vol.-Thl. Traßmehl + 1 Vol.-Thl. hydraulischer Kalk + 1 Vol.-Thl. Normalsand zeigt gegenüber demjenigen aus 1 Vol.-Thl. hydraulischem Kalk + 1,5 Vol.-Thl. Normalsand (für die Wasserproben) eine Festigkeitszunahme

nach 7 Tagen	nach 28 Tagen
bei Zug	
von 593%	456%
bei Druck	
von 567%	548%.

Nr. 5 der Tabelle. Die Zugfestigkeit des Mörtels aus 1 Vol.-Thl. Kalkteig + 3 Vol.-Thl. Normalsand wird durch einen Zusatz von 0,33 Vol.-Thl. Cement gesteigert

nach 28 Tagen	nach 60 Tagen	nach 90 Tagen
um 437%	548%	433%.

Die Druckfestigkeit nach 90 Tagen um 919%.

Um hinsichtlich des den Mörteln zuzusetzenden Sandes eine Einheitlichkeit zu bewahren, wurde der Normalsand als Zusatz in Anwendung gebracht. Das Verhältniß, in welchem Kalkpulver beziehungsweise Kalkteig und Sand gemischt waren, stellte sich meist auf 1 : 2 oder 1 : 4, seltener auf 1 : 3 oder 1 : 5, also Mischungsverhältnisse, wie sie wohl auch den in der Praxis vorkommenden entsprechen.

In nur vereinzelten Fällen wurden andere Sande zur Untersuchung eingereicht, sodaß eine Feststellung der Einwirkung von solchen auf die Mörtelfestigkeit gegenüber derjenigen des Normalsandes nicht erfolgen konnte.

Die Tabelle enthält auch die Ergebnisse einzelner Untersuchungen von Cementkalken. Letztere zeigen die Eigenschaften der übrigen Kalke.

Bekanntmachung.

Nachdem der Vorsteher der Prüfungsstation für Baumaterialien, Professor Dr. Böhme, am 29. Oktober d. J. verstorben ist, ist die Verwaltung der Prüfungsstation (Charlottenburg, Technische Hochschule) bis auf weiteres dem Vorsteher der mechanisch-technischen Versuchsanstalt, Professor Martens, übertragen worden.

Ministerium der geistlichen, Unterrichts- und Medizinal-Angelegenheiten.

Für die Redaktion verantwortlich: A. Martens. — Verlag von Julius Springer in Berlin.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

XII. Jahrgang. **1894.** Fünftes Heft.

1. Bericht über die Thätigkeit der Königlichen technischen Versuchsanstalten im Etatsjahre 1893/94.

A. Mechanisch-technische Versuchsanstalt.

a. Personalbestand.

Der Personalbestand der Anstalt blieb gegen das Vorjahr unverändert.

b. Vermehrung der Hülfsmittel.

Zur Vervollständigung der Ausrüstung der Anstalt mit Versuchsapparaten stand aus dem im Vorjahre bewilligten Extraordinarium noch ein Rest von etwa 1770 M. zur Verfügung. Unter den hierfür beschafften Vorrichtungen sind zu erwähnen: Die Vervollständigung der Schaulinienzeichner und Einspannvorrichtungen der beiden Pohlmeyer-Maschinen, eine Manometervorrichtung zur Ermittelung der Reibungswiderstände in den Dichtungsmanschetten der hydraulisch angetriebenen Zerreißmaschinen und Kohlensäure-Thermometer zur Bestimmung von Wärmegraden bis zu 550 C°.

Aus dem ordentlichen Etat der Anstalt wurden beschafft: Eine Schraubenpresse zur Ausführung von Biegeproben, Einspannvorrichtungen für Treibriemen und Gurten bis zu 325 mm Breite, ein Kontrollstab zur Prüfung der Genauigkeit der Lastanzeigen der Festigkeitsprobirmaschinen bis zu 100 t Belastung, eine Mikroskopirlampe und ein Autoklav für die Abtheilung für Papierprüfung, sowie Aich-Instrumente für die Zähigkeitsmesser und ein Wärmeapparat für die Abtheilung für Oelprüfungen.

Von dem Feinmechaniker der Anstalt wurden gefertigt: Zwei Paar Spiegelapparate (System Martens), ein Galvanoskop und ein Dehnungsmesser mit Rolle und Zeiger (sog. Tellerapparat).

c. Arbeiten der Anstalt.

Die Inanspruchnahme der mechanisch-technischen Abtheilung durch die laufenden Prüfungsanträge hat in dem verflossenen Jahr eine ganz bedeutende Steigerung erfahren, wie sich auch aus der am Schluß des Berichtes gegebenen Gegenüberstellung der in den einzelnen Jahren seit 1888/89 erzielten Einnahmen ergiebt. Erledigt wurden insgesammt 221 Aufträge, von denen 32 auf Behörden und 189 auf Private entfallen. Diese Aufträge umfassen 2672 Versuche und zwar: 2053 auf Zug (574 mit Stahl, 392 mit Eisen, 772 mit Kupfer und Legirungen, 3 mit Aluminium, 89 mit Treibriemen, 5 mit Drahtseilen,

27 mit Draht, 40 mit Hanfseilen, 36 mit Ketten, 1 mit Hartgummi, 12 mit Weißblech, 45 mit Bindfäden, 18 mit Pappe, 39 mit verschiedenen Konstruktionstheilen); 116 auf Schlag (62 mit Stahl, 6 mit Eisen, 40 mit Schrot, 8 mit Pappe); 93 auf Druck (3 mit Stahl, 19 mit Legirungen, 6 mit Hartgummi, 10 mit Filz, 3 mit Terrakotta, 10 mit Pappe, 13 mit Konstruktionstheilen, 29 mit Cementrohren); 101 auf Biegung (66 mit Stahl, 7 mit Eisen, 5 mit Hartgummi, 23 mit Zahnradkämmen); 254 Biegeproben (34 mit Stahl, 150 mit Eisen, 6 mit Draht, 40 mit Hufnägeln, 24 mit Weißblech); 32 Versuche auf inneren Druck; 6 Frostversuche mit Bleirohren; 12 technologische Proben; 3 Härteproben; 2 Bestimmungen des spezifischen Gewichts; 4 Prüfungen von Maschinen und Apparaten; desgleichen Farbenuntersuchungen und Glühversuche.

Ferner wurden zwei Gutachten abgegeben.

Der größere Theil der im Auftrage von Privaten angestellten Versuche war sog. Fabrikationsproben, welche für Werke angestellt wurden, die selbst mit Festigkeitsprobirmaschinen nicht ausgerüstet waren.

Einen großen Umfang hatten ferner die Abnahmeproben, welche zum Theil auch von fremdländischen Behörden beantragt wurden, um die Uebereinstimmung des gelieferten Materials mit den vorgeschriebenen Bedingungen feststellen zu lassen.

Eine Erweiterung des Arbeitsfeldes der Abtheilung bedeuten die wiederholt angestellten Untersuchungen von Flaschenzügen verschiedener Bauart zur Feststellung des Tragvermögens und des Wirkungsgrades, ferner die ausgeführten umfassenden Untersuchungen von Rohren aus Steingut und aus Cement, sowie umfangreiche Farbenuntersuchungen und Prüfungen von Dachpappen.

Als allgemein beachtenswerthes Ergebniß der Rohrprüfung möge hier erwähnt sein, daß es sich als zweckmäßig erwies, die Druckprüfungen zwischen zwei ebenen Flächen auszuführen, weil nur bei dieser Belastungsweise eine von Nebeneinflüssen freie Inanspruchnahme der Rohre zu erzielen ist. Bei Einbettung der Proben in Sand und Aufbringung der Belastung auf hölzerne Sättel, welche den aus der Bettung hervorstehenden Theil des Rohres umfassen, wird die Probe gleichsam seitlich eingeklemmt und ihre Formänderung unkontrollirbar beeinträchtigt, ohne daß der wirkliche Belastungszustand des im Erdboden verlegten Rohres erreicht wird. Bei den spröderen Rohren aus Steingut ist die hiermit verbundene Erhöhung der Tragfähigkeit verhältnißmäßig gering, beträchtlicher ist sie bei den Rohren aus Cement mit Eiseneinlage, hergestellt nach den Verfahren von Monier und von Zisseler. Außerdem kann bei der Einbettung der Beginn der Zerstörung nicht wahrgenommen werden. Auf die Beobachtung der Bruchlast ist dieser Umstand bei den Rohren aus Steingut ohne nennenswerthen Einfluß, indem diese Rohre nach dem Eintreten der ersten Sprünge keine erhebliche Laststeigerung mehr ertragen. Bei den Monier- und Zisseler-Rohren giebt dagegen die Eiseneinlage dem Material der Wandungen hinreichenden Zusammenhang, so daß die Belastung der eingebetteten Rohre auch nach erfolgtem Anbruch noch erheblich gesteigert werden kann, bevor das vollständige Zusammenbrechen der Rohrwandungen erfolgt.

Die Untersuchungen von Eisenanstrichfarben und anderweitigen Rostschutzmitteln haben einen größeren Umfang angenommen, nachdem die Ergebnisse der ersten bereits im Vorjahre für die Handlung Dr Graff & Co. zu Berlin ausgeführten Versuchsreihen mit Schuppenpanzerfarbe durch den Antragsteller selbst an die Oeffentlichkeit gebracht waren. Bei dem gänzlichen Fehlen an Litteratur über erprobte Verfahren für die unmittelbare Untersuchung der Eisenanstriche mußten die Grundlagen hierfür in der Anstalt zunächst geschaffen werden.

Die Arbeiten umfaßten

1. die Feststellung der Trockendauer durch Anwalzen von etwa 20 mm breiten Papierstreifen unter gleichem Druck an die gestrichenen Flächen. Dieses Anwalzen wurde in bestimmten Zeitabschnitten und zwar stets an vorher unberührten Flächen so lange wiederholt, bis den Papierstreifen beim Abheben keine Farbe mehr anhaftete;
2. die Ermittelung des Aufwandes an streichfertiger Farbe beim Streichen gleich großer Flächen durch Auswiegen der ungestrichenen und frisch gestrichenen Bleche von bestimmter Flächenausdehnung. Besonderes Augenmerk mußte hierbei auf die Gewichtsveränderung des frischen Anstriches während des Trocknens gerichtet werden;
3. die Untersuchung der Zähigkeit des trockenen Anstriches durch Verbiegen der gestrichenen Bleche gleicher Dicke nach verschiedenen Radien; und
4. die Feststellung der Widerstandsfähigkeit des trockenen Anstriches gegen die Einwirkungen verschiedener chemischer Agentien, denen der Anstrich auch in Wirklichkeit ausgesetzt ist, sowie gegen örtliche Verletzungen.

Da die angedeuteten Verfahren zum Theil noch nicht zur endgültigen Ausbildung gebracht sind, so wurden die Einzelheiten der Versuchsausführung in jedem einzelnen Falle mit den Antragstellern vor Inangriffnahme der Untersuchungen vereinbart. Die Anstalt ist bestrebt, eine weitere Vervollkommnung der Verfahren herbeizuführen und dann sollen die Ergebnisse veröffentlicht werden.

Die Prüfungen von Dachpappen erstreckten sich auf die Bestimmung:

1. der Zugfestigkeit des Materials im trockenen und feuchten Zustande;
2. der Widerstandsfähigkeit gegen Durchdrücken und Durchstoßen durch stetig wachsende Belastung und stoßweise Inanspruchnahme der auf einem Rahmen ausgespannten Pappen;
3. des Wasseraufnahmevermögens durch Feststellung derjenigen Wassermengen, welche bei gleichem Druck und bei gleicher Wärme in bestimmten Zeitabschnitten durch gleich große, abgegrenzte Theile der Oberflächen aufgenommen werden.

Die Einzelheiten der hierbei angewendeten Verfahren, sowie die Ergebnisse der ersten Untersuchung sind in den „Mittheilungen" Jahrgang 1894, Heft 1 veröffentlicht.

Unter den zum Abschluß gebrachten Anträgen, welche neben dem praktischen Nutzen für den Antragsteller auch in wissenschaftlicher Hinsicht von Bedeutung sind, mögen genannt sein:

1. Die Untersuchungen von Eisenbahnschienen im Auftrage der Königlichen Eisenbahn-Direktionen Hannover, Bromberg und Mecklenburg-Schwerin zur Feststellung des Einflusses der Herstellungsweise des Materials auf die Festigkeitseigenschaften und Dauerhaftigkeit der Schienen im Betriebe.

2. Die Untersuchungen von Gewehrlaufstahl und ganzen Gewehrläufen auf Antrag der Deutschen Versuchsanstalt für Handfeuerwaffen zu Berlin. Diese Untersuchungen betrafen den Vergleich verschiedener Eisen- und Stahlsorten und den Einfluß des Abfeuerns einer großen Zahl Schüsse aus den Läufen auf die Festigkeitseigenschaften der Laufwandung. Die Ergebnisse der ersten Reihe sind in den „Mittheilungen" der genannten Anstalt, Jahrgang 1893 veröffentlicht. Sie thun dar, daß die Bevorzugung des Damaststahles in dessen Festigkeitseigenschaften durchaus nicht begründet ist, daß diese vielmehr besonders durch den Spezialstahl von Krupp ganz erheblich übertroffen werden.

In Ausführung begriffen sind

3. Untersuchungen über den Einfluß des Theerens auf die Festigkeit und vornehmlich auf die Dauerhaftigkeit von Hanfseilen und
4. umfassende Untersuchungen mit Nietverbindungen verschiedener Fertigungsart und Konstruktion.

Auch das Kaiserliche Patentamt hat wiederholt die Hülfe der Versuchsanstalt in Anspruch genommen, um die Entscheidung durch unmittelbare Versuche herbeizuführen, sofern die Patentfähigkeit angemeldeter Konstruktionen von deren Festigkeitseigenschaften abhängig zu machen war.

Von den Untersuchungen im Auftrage der Königlichen Ministerien wurden zum Abschluß gebracht die Untersuchungen über die Festigkeitseigenschaften von Kupferblechen. Die Ergebnisse sind inzwischen in den „Mittheilungen" Jahrgang 1894, Heft 2 und 3 veröffentlicht. Sie umfassen den Einfluß der Probestabform, der Bearbeitungsweise, der Streckgeschwindigkeit, der sprungweisen und der stetig fortschreitenden Belastung auf das Versuchsergebniß, ferner die Aenderungen in den Festigkeitseigenschaften, die durch Ausglühen des mechanisch bearbeiteten Materials herbeigeführt werden. Hervorgehoben möge sein, daß sich diese Aenderungen nach wiederholtem Glühen schon bei verhältnißmäßig geringen Wärmegraden zeigten.

In Durchführung begriffen sind:

Die Dauerversuche mit Eisenbahnmaterialien; die Untersuchungen über den Einfluß der Standortsverhältnisse auf die Festigkeit von Kiefern- und Buchenholz, welche gemeinsam mit der forsttechnischen Versuchsanstalt zu Eberswalde angestellt werden; sowie die Untersuchungen über die Festigkeitseigenschaften von Eisen-Nickel-Legirungen im Auftrage des Vereines für Gewerbefleiß zu Berlin.

Zu den Holzuntersuchungen sind 714 Versuche mit Kiefern- und Buchenproben bereits ausgeführt. Ein Theil der erhaltenen Ergebnisse ist zugleich mit denen der in Eberswalde angestellten Versuche in der „Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen" Heft 9, 1894 durch Herrn Professor Schwappach bereits veröffentlicht. Die Ergebnisse aus den Versuchen mit Eisen-Nickel-Legirungen werden in einzelnen Abschnitten in den Verhandlungen des Vereines für Gewerbefleiß veröffentlicht.

Im wissenschaftlichen Interesse sowie zum weiteren Ausbau der Prüfungsverfahren wurden Versuche über den Einfluß der Probelänge auf die Zugfestigkeit von Hanfseilen angestellt. Aus den Ergebnissen, welche in den Mittheilungen 1894, Heft 1 ausführlich besprochen sind, möge hier kurz hervorgehoben sein, daß die Zugfestigkeit bei den untersuchten Seilen um so größer befunden wurde, je kleiner die Probenlänge war und daß dieser Einfluß weniger von den Eigenschaften der zum Seil verarbeiteten Garne als von der Schlaghärte des Seiles selbst abzuhängen scheint. Weitere Untersuchungen über diesen Gegenstand sind eingeleitet. —

Zum Studium auf dem Gebiet der Materialienkunde und des Versuchswesens machte der Vorsteher im Auftrage des Herrn Ressortministers eine Reise nach Amerika, womit zugleich ein Besuch der Weltausstellung in Chicago verbunden war. Die Anstalt beschickte die Weltausstellung unter Betheiligung an der vom Verein deutscher Ingenieure veranstalteten Ingenieur-Ausstellung mit einer größeren Sammlung bildlicher Darstellungen von den Einrichtungen der Anstalt und den Ergebnissen umfassender mikroskopischer Untersuchungen von Roheisen und Flußeisen. Dem in Chicago abgehaltenen Ingenieur-Kongreß legte der Vorsteher die Ergebnisse einer besonderen Untersuchung über das Gefüge von Flußeisen in gegossenen Blöcken vor, welche auch in den „Mittheilungen" Jahrgang 1893, Heft 6 zum Abdruck gelangt sind.

Wiederholt hatte die Anstalt Gelegenheit Behörden und auch Privaten durch Abgabe von Gutachten und umfassende Beantwortung von Anfragen mit ihren Erfahrungen auf dem Gebiet des Materialprüfungswesens zur Seite zu stehen.

Außer den bereits genannten sind noch folgende aus der mechanisch-technischen Abtheilung hervorgegangene Arbeiten im Jahrgang 1893 der „Mittheilungen" veröffentlicht.

A. Martens: „Gutachten über die Ausführung von Festigkeitsversuchen."

M. Rudeloff: 1. „Untersuchungen über den Einfluß der Wärme auf die Festigkeitseigenschaften von Metallen."

2. „Untersuchungen von Treibriemen auf Elastizität und Festigkeit."

3. „Untersuchungen über den Einfluß des Materials und der Konstruktion auf die Festigkeit von Hanfseilen."

4. „Bericht über die im Auftrage des Herrn Ministers für Handel und Gewerbe ausgeführten vergleichenden Untersuchungen von Seilverbindungen für Fahrstuhlbetrieb." —

In der Abtheilung für Papierprüfung wurden 593 Anträge erledigt, von denen 305 auf Behörden und 288 auf Private entfielen.

Sie umfassen die Prüfung von 945 Papiersorten, 28 Stoffproben (Tuch, Leinwand, Seide, Plüsch ꝛc.) 7 Rohstoffen für die Papierfabrikation, 3 Filtrirstoffen und 12 Garnproben aus Papier.

Auf Antrag von Gerichtsbehörden wurden 2 Gutachten abgegeben.

In dem ersten Falle handelte es sich um die Untersuchung eines sogenannten Tabackpapiers, in welchem die Mengen der einzelnen Faserbestandtheile festgestellt werden sollten.

Im zweiten Falle handelte es sich darum, festzustellen, ob 27 aus verschiedenen Lieferungen herrührende Druckpapiersorten hinsichtlich der Stoffzusammensetzung und Festigkeit übereinstimmten.

Von den 593 Anträgen gingen 19 aus dem Auslande ein; auf die verschiedenen Länder vertheilen sich diese wie folgt:

Holland	4	Anträge	mit	6	Papierproben	und 1 Probe Holzschliff
Oesterr.-Ungarn . . .	4	„	„	6	„	
Frankreich	3	„	„	6	„	
Rußland	3	„	„	5	„	und 1 Probe Papierstoffschlamm
Schweiz	2	„	„	5	„	
Rumänien	2	„	„	1 Probe Plüsch		und 1 Probe Militairtuch
England	1	„	„	1 Papierprobe		

Die Untersuchung der Papiere erstreckte sich in den weitaus meisten Fällen auf die Feststellung der Stoff- und Festigkeitsklassen behufs Einreihung in eine der Verwendungsklassen (s. „Mittheilungen" Heft 1 1894).

Bei den übrigen Anträgen wurden einzelne Eigenschaften oder Gruppen von Eigenschaften für besondere Zwecke festgestellt. Bemerkenswerth ist die Thatsache, daß die Anzahl derjenigen Untersuchungen, bei denen die Art und Menge der Rohstoffe eines Papiers festgestellt werden sollte, in stetem Zunehmen begriffen ist. Es handelt sich hierbei um die Bestimmung des Aschengehaltes und um die Schätzung der Menge der verschiedenen Fasersorten nach dem mikroskopischen Bilde. Die Anträge dieser Art gingen theils von Verbrauchern (Druckereien, Kunstanstalten ꝛc.) theils von Papierfabriken ein; für letztere schien es sich in den meisten Fällen um Anfertigung einer Papiersorte nach eingereichtem Muster zu handeln, und es hat

den Anschein, als ob der seitens der Versuchsanstalt gelegentlich der Veröffentlichung der „Amtlichen Gutachten" ertheilte Rath, bei Anfertigung nach Probe, letztere zunächst einer möglichst genauen Prüfung unterziehen zu lassen, mehr und mehr beherzigt wird.

Bei den Prüfungen der Stoffe handelte es sich theils um einfache Festigkeitsbestimmungen, theils um die Untersuchung der Stoffe auf die Erfüllung gewisser Bedingungen hinsichtlich der Festigkeitseigenschaften, Gespinnstfasern, Farbe ꝛc. Besonders handelte es sich um Zelttuche, wie sie zur Zeit bei der deutschen Armee in Gebrauch sind.

Die Untersuchung der Filtrirstoffe erstreckte sich auf die Feststellung des Rohmaterials, aus dem sie hergestellt waren.

Von besonderen auf Antrag ausgeführten Untersuchungen sind zu erwähnen:

1. Die Feststellung des Cellulosegehaltes in je einer brasilianischen Schilf- und Hanfart.
2. Die Untersuchung von 4 Proben Strohzellstoff auf einen zum Weißen benutzten Farbstoff.
3. Die Untersuchung von 4 Tuchproben auf das Vorhandensein von Kunstwolle.
4. Die Untersuchung eines österreichischen und eines deutschen Wechselpapiers auf Radirfestigkeit und Sicherheit gegen Entfernung von Schriftzügen auf chemischem Wege.
5. Die Untersuchung eines faserigen Schlammes, welcher wiederholt die Saugkästen von Wasserpumpen einer russischen Papierfabrik verstopfte. Der Schlamm enthielt vorzugsweise Wollfasern, ferner geringe Mengen Leinen und Baumwolle, unbestimmbare pflanzliche Gewebetheile und niedere Organismen, sowie Bestandtheile anorganischen Ursprungs.

   Da oberhalb der Papierfabrik 2 Kammgarnspinnereien liegen, so rühren die Wollfasern wohl aus den Abwässern dieser Fabriken her.
6. Die Untersuchung eines Zeichenpapiers auf Radirfestigkeit und Waschfähigkeit.
7. Die Untersuchung einer Bucarester Plüschsorte auf das Vorhandensein von Seide behufs Schlichtung einer Zollstreitigkeit.
8. Die Bestimmung des Cellulosegehaltes einer Probe Zuckerrohr.
9. Gutachten über das Aussehen, die Schreib- und Radirfähigkeit von 7 verschiedenen Normalpapiersorten. Die Versuche sollten feststellen, ob die Vorwürfe, die dem Fabrikanten dieser Papiere von verschiedenen Seiten hinsichtlich der oben erwähnten Eigenschaften gemacht wurden, nach Ansicht der Versuchsanstalt berechtigt seien.

   Die Anstalt konnte keine der gemachten Einwendungen als gerechtfertigt anerkennen.
10. Gutachten über das Entstehen kleiner Löcher in verschiedenen Zeltbahnen eines Infanterie-Regiments.
11. Gutachten über das Durchschlagen der Leonhardischen Alizarintinte im Vergleich zu Eisenchloridlösung unter Benutzung von deutschen und österreichischen Normalpapieren verschiedener Verwendungsklassen.
12. Untersuchung eines sogenannten Pegelpapiers, um die Längenänderungen nach beiden Richtungen bei verschiedenen Wärmegraden und verschiedener Luftfeuchtigkeit zu ermitteln.
13. Untersuchung einer Reihe von Garnen und Geweben aus Sulfitzellstoff.

Die wissenschaftlichen und statistischen Arbeiten der Abtheilung (Ueber die Bestimmung des Cellulosegehaltes im Papier, Amtliche Gutachten aus der Abtheilung für Papierprüfung, Normalpapiere, Normalpapiere mit Wasserzeichen, Bestimmung der Festigkeitseigenschaften im Papier, Holzschliffpapier und Flecke im Papier) sind in den „Mittheilungen" veröffentlicht.

Drei Volontaire fanden im Etatsjahre 1893/94 Aufnahme in der Papierprüfungs-Abtheilung. Eine größere Anzahl kann zur Zeit jährlich nicht ausgebildet werden.

Von den durch die Abonnements für Papierprüfungen gewährten Preisermäßigungen machten 2 Firmen Gebrauch. Die eine Firma, welche sich vorzugsweise mit der Herstellung von Formularen für Behörden befaßt, läßt die Papiere vor dem Bedrucken regelmäßig vollständig untersuchen; die andere Firma, eine Papierfabrik, läßt von ihren Anfertigungen zur Kontrole die Festigkeit und den Widerstand gegen Zerknittern feststellen. —

In der Abtheilung für Oelprüfung wurden im verflossenen Jahr zu 153 Anträgen 236 Oele und Fette untersucht. Die Prüfungen betrafen 197 Mineralschmieröle, 16 Petroleumsorten, 5 Rüböle, 1 Olivenöl, 4 animalische Oele, 12 gemischte Oele und 1 Schmierfett.

Von den Anträgen entfallen 38 mit 85 Oelen auf Behörden und 115 mit 151 Oelen bezw. Fetten auf Private.

Die Untersuchungen der Mineralschmieröle bezweckten in der Mehrzahl der Fälle die Feststellung der physikalischen und chemischen Eigenschaften auf Grund der von Behörden vorgeschriebenen Lieferungsbedingungen. In einer Reihe von Fällen wurden Streitigkeiten bei Abnahme der Oele entschieden. Hierbei ist zu bemerken, daß die Anzahl der Streitfälle über die Flammpunkte der Oele sich im vergangenen Jahre erheblich vermindert hat. Im Wesentlichen dürfte dies darauf zurückzuführen sein, daß seitens des Ministeriums der öffentlichen Arbeiten die Vorschriften der preußischen Bahnen zur Bestimmung des Flammpunktes eine bestimmtere Auslegung erfahren haben. Ein großer Theil der Mineralschmierölprüfungen hatte auch Fabrikationskontrole zum Zweck.

Verfälschungen von Mineralölen mit anderen Oelen wurden bei den im vergangenen Jahre eingereichten Proben nicht beobachtet.

Die Untersuchungen der fetten Oele erstreckte sich hauptsächlich auf Feststellung ihrer Reinheit, d. h. der Abwesenheit anderer Oele. Unter Anderem wurde hierbei in einem angeblich reinen Klauenfett ein erheblicher Zusatz eines sogenannten flüssigen Wachses und in einem angeblich reinen Walöl ein großer Prozentsatz von entscheintem Harzöl nachgewiesen.

Ein Gutachten wurde abgegeben im Auftrage des Ministeriums für Handel und Gewerbe zur Entscheidung einer Zollstreitigkeit, betreffend Petroleumrückstände.

Von den für Private ausgeführten größeren Untersuchungsreihen, welche meist auf besonderen Wunsch mit gutachtlichen Erläuterungen versehen wurden, sind hervorzuheben:

1. Die Untersuchung eines neuen ölartigen Präparates in Bezug auf seine Schmiereigenschaften, insbesondere zur Benutzung bei Werkzeugmaschinen. Bei Erprobung des Materials in der Werkstatt und der gleichzeitig ausgeführten physikalischen und chemischen Untersuchung erwies sich das Präparat gegenüber der gewöhnlich für Werkzeugmaschinen benutzten Seifenlösung als wesentlich vortheilhafter.
2. Untersuchung über die Brauchbarkeit einiger neuer Fabrikate zur Schmierung von Dampfcylindern, sowie von schwer und leicht belasteten Maschinentheilen.
3. Untersuchungen zur Aufklärung von angeblich durch das benutzte Schmieröl verursachten Störungen in größeren Maschinenbetrieben.

Von wissenschaftlichen Arbeiten der Abtheilung wurden die vergleichenden Untersuchungen von Oelgemischen im Auftrage des Herrn Ministers für Handel und Gewerbe zu Ende geführt.

Die Untersuchungen über die Ausdehnungskoeffizienten von Oelen wurden unter Berücksichtigung der salbenartigen Cylinderöle, sowie der leichtflüssigen Spindel- und Kompressoröle fortgesetzt, so daß nunmehr ein umfangreiches Material über das Ausdehnungsvermögen der meisten Arten von Schmierölen vorliegt.

Die analytischen Arbeiten betrafen:

1. Den Nachweis von Entscheinungsmitteln in verschiedenen Schmierölen und Schmierfetten.
2. Die Untersuchung eines in der Versuchsanstalt aus Samen extrahirten Sonnenblumenöls.
3. Die Verwendbarkeit des Alkaliblaus als Indikator bei Bestimmung der Verseifungszahl.
4. Die quantitative Bestimmung des Wassers in Mineralschmierölen. Das auf Grund dieser Untersuchungen festgesetzte Verfahren schließt sich an das von Künkler angegebene an und beruht auf der Bestimmung des Gewichtsverlustes, welchen eine ursprüngliche Probe und eine durch Erhitzen auf dem Wasserbade unter Rühren künstlich von Wasser befreite Probe des Oeles erleidet. Der Unterschied der Gewichtsverluste beider Proben giebt den Gehalt an Wasser. Das Verfahren liefert sehr scharfe Ergebnisse und wird demnächst in den „Mittheilungen" eingehender beschrieben werden.

Von denjenigen größeren Untersuchungsreihen, welche im Anschluß an Prüfungsaufträge ausgeführt wurden, sind zu erwähnen:

1. Die Untersuchung von Dampfcylinderölen (Rüböl, Talg, Mineralöl ꝛc.) unter besonderer Berücksichtigung ihrer Veränderungen bei Zutritt gespannten Dampfes und der Einwirkung der so behandelten Oele auf Gußeisen (Dampfcylindermetall).

Die Versuche führten zu dem Ergebniß, daß vegetabilisches Oel (rohes und raffinirtes Rüböl) und Talg das Gußeisen ganz außerordentlich angriffen. Als Maßstab für das Angriffsvermögen dienten die Gewichtsabnahmen, welche blank polirte Gußeisenplatten bei 2, 4 und 6stündigem Erhitzen im Oel unter gleichzeitiger Einwirkung des auf 10 Atmosphären gespannten Wasserdampfes erlitten. Raffinirte und nicht raffinirte Mineralöle griffen das Gußeisen fast gar nicht an und verminderten, dem Rüböl zugesetzt, das Angriffsvermögen dieses Oeles auf Gußeisen in sehr erheblicher Weise. Die Einzelheiten der Ergebnisse sowie das Verfahren, nach welchem die Versuche ausgeführt wurden, werden späterhin in den „Mittheilungen" veröffentlicht werden. Es steht zu erwarten, daß die Versuche einen wesentlichen Beitrag zur Aufklärung über die Mehr- oder Minderwerthigkeit der verschiedenen zur Dampfcylinderschmierung vorgeschlagenen Oele und Fette liefern werden.

2. Untersuchung des Angriffsvermögens von Maschinenölen auf Metalle.
3. Vergleichung der Schmierfähigkeit eines reinen Mineralöls und einer Mischung mit Harzöl.

Die Abonnementsvergütigung der Abtheilung wurde im Laufe des vergangenen Jahres von 2 Ordentlichen und 2 Beamten bezogen.

Als Volontaire waren 2 Herren, 1 Techniker, 1 Assistent in der Abtheilung thätig.

Die Einnahmen der Anstalt wurden auf die im Jahre 1893/94 erledigten Anträge entfallen [illegible] auf 41 [illegible] Mark.

Im Vergleich zu den letzten 5 Jahren stellt sich die Inanspruchnahme der einzelnen Abtheilungen wie folgt:

Abtheilung		1888/89	1889/90	1890/91	1891/92	1892/93	1893/94
Mechanisch-technische	Zahl der Aufträge	94	135	159	250	247	221
	Zahl der Versuche	1064	1924	1956	2477	2247	2672
	Einnahmen . .	4 252,65	7 871,00	9 908,08	15 096,62	15 640,64	21 843,27
für Papierprüfung	Zahl der Aufträge	318	280	490	497	548	593
	Zahl der Proben .	677	542	967	909	1140	998
	Einnahmen . .	11 080,00	9 379,00	16 015,00	16 083,95	18 338,90	17 141,42
für Oelprüfung	Zahl der Aufträge	49	27	57	96	142	153
	Zahl der Oele .	139	89	107	253	273	236
	Einnahmen . .	2 761,00	1 516,10	1 311,00	3 400,44	2 493,35	2 210,50
Gesammt-Einnahmen		18 093,65	18 766,10	27 234,08	34 581,31	36 472,89	41 195,19

B. Chemisch-technische Versuchsanstalt.

Die Thätigkeit der Anstalt während des Etatsjahres 1893/94.

In dem genannten Zeitraume wurde die Thätigkeit der Chemiker durch folgende umfangreiche Arbeiten in Anspruch genommen:

1. Durch Versuche zur Prüfung der Zuverlässigkeit der Bleibestimmung bei Messinganalysen.
2. Durch Versuche über die quantitative Bestimmung freier Säure in Zinkchloridlösungen.
3. Durch Versuche, den Einfluß von verschiedenen Säuren, wie Weinsäure, bei der Bestimmung der Gerbsäure in Tinten zu beseitigen.
4. Durch Versuche, die Schwefelbestimmung im Eisen zu vereinfachen.
5. Durch die Ermittelung der Spannungsverhältnisse einer Reihe von Metallen und Legirungen in Meerwasser.
6. Durch Versuche zur Bestimmung des Sauerstoffgehaltes einer Stahlprobe.

Außer diesen Untersuchungen wurden in dem genannten Etatsjahre 498 Analysen erledigt. Von diesen entfielen: auf Reichsbehörden 127, auf Staatsbehörden 129, auf Private 242, und zwar klassifiziren sich dieselben nach Art der Materien wie folgt:

a. Anorganische Materien.

Metalle und Legirungen 189, Mineralien und Erze 38, Thon, Sand und Ziegelsteine 32, Cement, Kalk und Mörtel 18, Mineralfarben 36, Wasser 20, Salze und Salzsoolen 7, Summa 340.

Von den 189 Analysen von Metallen und Legirungen entfallen auf: Stahl und Eisen 70, Kupfer 17, Zinn 23, Zink 22, Messing 13, Bronze 9, andere Metalle 18, andere Legirungen 17.

b. Organische Materien.

Fette, fette Oele und Mineralöle 49, Kohlen, Briquettes und Coaks 52, andere organische Stoffe (Seifen u. s. w.) 33, Summa 134.

c. Tinten.

Der Klasse I angehörend 22, der Klasse II angehörend 2, Summa 24.

C. Prüfungs-Station für Baumaterialien.

Im Betriebsjahre 1893/94 sind im allgemein wissenschaftlichen und öffentlichen Interesse, sowie auf Anträge von Behörden und Privaten im Ganzen 867 Prüfungsanträge in zusammen 14849 Versuchen zur Ausführung gelangt. Im Betriebsjahre 1892/93 waren 980 Prüfungsanträge in 18349 Versuchen bearbeitet worden.

Nach dem Stoffe geordnet ergeben die bearbeiteten Prüfungsanträge die in nachstehender Tabelle enthaltene Zusammenstellung.

Tabellarische Zusammenstellung

der in dem XXIII. Betriebsjahre 1893/94 in der Prüfungs-Station für Baumaterialien ausgeführten Untersuchungen.

	Anzahl der Anträge	Anzahl der Versuche
I. Untersuchungen der Eigenschaften von gebrannten und ungebrannten Steinen, sowie von Bruchsteinen		
a. Prüfungen auf Druckfestigkeit		
α) für Ziegel und andere künstliche Steine	215	2048
β) „ Bruchsteine	159	1584
b. Prüfungen auf Wasseraufnahme		
α) für Bruchsteine	35	350
β) „ Dachziegel (auf Wasserdurchlässigkeit)	2	10
γ) „ Linoleum „ „	2	10
c. Prüfungen auf Wasseraufnahme, Bruchflächenbeschaffenheit, Wetterbeständigkeit		
α) für Ziegel und andere künstliche Steine	45	1310
β) „ Dachziegel und Thonplatten	7	210
d. Prüfungen auf spezifisches Gewicht und Härte		
α) für Ziegel und andere künstliche Steine	54	162
β) „ Dachziegel, Thon- und Cementplatten	13	39
γ) „ Bruchsteine, künstlichen Marmor und Sandstein (nur auf spezifisches Gewicht)	34	102
e. Prüfungen auf Bruchfestigkeit		
α) für Ziegel und andere künstliche Steine	15	145
β) „ Dachziegel und Thonplatten	21	210
γ) „ Bruchsteine	4	40
f. Prüfungen auf Feuerbeständigkeit[1])		
α) für Ziegel und andere künstliche Steine	3	20
β) „ Bruchsteine	2	10
i. Prüfungen von Dachpappen auf Zugfestigkeit, Dehnbarkeit und Wasseraufnahme	5	50
k. Prüfungen auf Abnutzbarkeit		
α) für Ziegel und andere künstliche Steine, sowie Thon- und Cementplatten	11	88
β) für Bruchsteine	31	248
Prüfungen auf Widerstandsfähigkeit gegen Säuren		
α) für Ziegel	1	8
Seite	659	6644

[1]) Die durch Feuer beanspruchten Probekörper wurden auf Zug oder Druck geprüft.

	Anzahl der Anträge	Versuche
Uebertrag	659	6644
Umfangreichere Untersuchungen auf Zug-, Druck- und Bruchfestigkeit, Wasseraufnahme, Abnutzbarkeit ꝛc. von Kunstsandstein, Terranova, Hochofenschlacke, Schlackencementstein, Steinholz, Linoleum, ferner auf Druck- und Bruchfestigkeit von acht Holzsorten	95	755
II. Untersuchungen von Bindemitteln		
1. Cementuntersuchungen auf Gewicht, Mahlung, Temperaturerhöhung, Abbindezeit, spezifisches Gewicht, Volumenbeständigkeit, Zug- und Druckfestigkeit	73	6240
2. Kalkuntersuchungen, wie bei den Cementen behandelt . . .	4	570
3. Traßuntersuchungen, wie bei den Cementen behandelt . . .	2	60
4. Untersuchungen mit Probekörpern aus Gips, Holzfaser und Coaks (Schweitzers Wände und Decken) auf Zug, Druck ꝛc.	10	100
5. Untersuchungen mit Probekörpern aus Materialpulver, gewonnen durch Zerkleinern von Steinen, gebrannt aus dem Schlamme einer Kläranlage auf Zug, Druck ꝛc.	4	280
III. Untersuchungen auf Feuerübertragungsfähigkeit ausgeführt an je einem kleinen Gebäude		
a) aus Schweitzers Wänden und Decken	10	100
b) „ Carbonitthon	10	100
Summa	867	14849

Von den bearbeiteten 867 Prüfungsanträgen beziehen sich 754 Anträge (in 7399 Versuchen) auf Zug-, Druck-, Bruchfestigkeit, Wasseraufnahme, Wasserdurchlässigkeit, Bruchflächenbeschaffenheit, Wetterbeständigkeit, Feuerbeständigkeit, spezifisches Gewicht, Abnutzbarkeit und Härte von künstlichen und natürlichen Steinen, Dachziegeln, künstlichen Platten, Thonrohren, Holz, Linoleum, Dachpappen, sowie von künstlichen Sandstein- und Pflastersteinproben, Terranova, Hochofenschlacke, Steinholz ꝛc., wozu die erforderlichen Versuchskörper in sachgemäßer Bearbeitung an die Station eingereicht und, soweit erforderlich, daselbst justirt wurden; ferner 113 Anträge (in 7450 Versuchen) auf Zug- und Druckfestigkeit, Gewicht, Mahlung, Temperaturerhöhung, Abbindezeit, Volumenbeständigkeit und spezifisches Gewicht von Cement, Kalk, Cement- und Kalktraßmörteln, Probekörpern aus Gips, Holzfaser und Coaks ꝛc., für welche die Prüfungsobjekte und Versuchskörper aus den eingereichten Bindemitteln in der Station hergestellt wurden.

Von den bearbeiteten 867 Anträgen entfallen: 70 Anträge mit 2764 Versuchen auf Behörden und 797 Anträge mit 12085 Versuchen auf Private.

Während des verflossenen Betriebsjahres besuchte eine Anzahl Studirender der Königlichen Technischen Hochschule unter Leitung des Herrn Professor Dr. von Knorre verschiedene Male die Anstalt, bei welcher Gelegenheit dieselben durch Vorträge und Versuche namentlich mit den Methoden zur Untersuchung von Cementen bekannt gemacht wurden.

Außerdem erhielt die Station mehrere Besuche interessirter Vereine und Fachgenossen.

Am Schlusse des Betriebsjahres wurde mit der Aufstellung einer Steinschneidemaschine mit Diamantsägegatter begonnen.

2. Vergleichende Untersuchungen mit Kohlensäure-Flaschen verschiedenen Ursprunges.

Vom stellvertretenden Vorsteher Professor M. Rudeloff.

I. Gegenstand der Untersuchung.

Mit drei gesonderten Anträgen hatte die Aktien-Gesellschaft für Kohlensäure-Industrie zu Berlin innerhalb der Zeit vom März bis Mai 1894 die Prüfung je einer Kohlensäure-Flasche auf Bruchfestigkeit bei Belastung durch inneren Druck und einer zweiten auf Zugfestigkeit des Materiales beantragt. Die hierzu paarweise eingereichten Flaschen trugen folgende Nummern: Paar I Nr. 60472 und 60554; Paar II Nr. 61377 und 61096; Paar III Nr. 59130 und 59137[1]). Von ihnen wurde dem Antrage entsprechend immer die erstgenannte Flasche jedes Paares auf inneren Druck geprüft.

Zu den Flaschen der Paare I und III war von der Antragstellerin bei der Anlieferung mitgetheilt, daß sie durch Ziehen hergestellt seien; zu dem Flaschenpaar II waren ursprünglich keine Angaben über die Herstellungsweise gemacht. Nach Ausführung der eingehenderen Versuche zu dem vorliegenden Bericht wurden diese Angaben dahin ergänzt, daß:

> „nach den gewordenen Mittheilungen die Flaschen Nr. 60472 und 60554 (Ia und Ib) nach dem Schrägwalzverfahren als offenes Rohr gezogen sind, und daß die Rohre an dem unteren Ende dann vollständig zusammengeschweißt und am oberen Ende bis auf eine kleine Oeffnung zusammengezogen sind. — Die Flaschen Nr. 59130 und 59137 (IIIa und IIIb) englisches Fabrikat, sowie die Flaschen Nr. 61377 und 61096 (IIa und IIb) deutsches Fabrikat, sind dagegen aus einem Stahlblock durch mehrmaliges Ziehen auf einem Dorn durch Matrizen bis zur gewünschten Länge hergestellt, während der offene obere Theil wie bei den zuerst genannten Flaschen bis auf eine kleine Oeffnung zusammengezogen ist".

Die wesentlichen Ergebnisse der älteren Untersuchungen sind in der nachstehenden Tab. 1 (S. 207) aufgeführt und zwar sind immer die zu demselben Antrage erhaltenen Ergebnisse der Druckprüfung und der Prüfung auf Zugfestigkeit einander gegenübergestellt, weil die gleichzeitig geprüften Flaschen nach später gemachten Mittheilungen der Antragstellerin der gleichen Fertigung entstammten und geprüft waren, um einen Vergleich zwischen den Festigkeitseigenschaften des Materiales und der Widerstandsfähigkeit der Flaschen aus demselben gegen Zersprengen zu erlangen.

Beim Vergleich der in den drei Versuchsreihen beim Zersprengen der Flaschen erlangten höchsten rechnungsmäßigen Materialspannungen mit den Bruchspannungen der Querproben[2]) aus den zugehörigen zweiten Flaschen zeigt sich für die beiden Flaschenpaare II und III in den zusammengehörigen Werthen: 55,4 und 59,7, sowie 54,5 und 54,7 eine gute Uebereinstimmung zwischen den nach den beiden genannten Verfahren ermittelten Querfestigkeiten

[1]) In den nachfolgenden Tabellen sind diese Nummern als Flaschenzeichen beibehalten, im Text sind dagegen an ihrer Stelle der Kürze wegen die Zeichen Ia und Ib, IIa und IIb und IIIa und IIIb benutzt.

[2]) Die Berechnung der Materialspannung [illegible] beim Sprengversuch erfolgte unter Vernachlässigung der beim Versuch herrschenden Längsspannung nach der Gleichung

$$\sigma_0 = \frac{P\,\delta}{2\,W}$$

in welcher bedeuten P die Bruchlast in Atm., [illegible] den inneren Durchmesser der Flasche und W deren Wandstärke. Demgemäß kommt bei dem beabsichtigten Vergleich nur die ermittelte Zugfestigkeit der Querproben in Frage.

Tabelle 1. Ergebnisse der älteren Untersuchungen.

hen r sche	Fertigungsart der Flaschen	Geprüft auf	Abmessungen der Flaschen			Prüfung auf inneren Druck				Prüfung des Materials auf Zugfestigkeit					
			Durchmesser		Mittlere Wandstärke	für 250 Atm.		beim Bruch		Längsproben			Querproben		
			außen	innen		Materialspannung	Bleibende Formänderung	Gesammtbelastung in Atm.	Materialspannung	Spannungen kg/qmm		Dehnung, auf eine Länge von 100 mm bezogen in %	Spannungen kg/qmm		Dehnung, auf eine Länge von 100 mm bezogen in %
			mm	mm	mm	kg/qmm			kg/qmm	Streckgrenze	Bruch		Streckgrenze	Bruch	
72 54	Aus einem nach dem Schrägwalzverfahren hergestellten Rohr	Druck	141	129	6,0	26,9	—	434,6	46,7	62,8	85,7	15,8	63,2	86,6	12,3
		Zug													
77 96	Aus einem Block gezogen; deutsches Fabrikat	Druck	140	130	5,0	32,5	1—2 mm im Umfang	425,8	55,4	34,7	54,0	18,8	43,5	59,7	9,9
		Zug													
30 37	Aus einem Block gezogen; englisches Fabrikat	Druck	140	129,4	5,3	30,4	keine	447,8	54,5	27,3	50,9	21,7	39,9	54,7	10,0
		Zug													

Flaschen aus angeblich gleichem Material. Für das Paar I zeigt sich dagegen in den rthen 46,7 und 86,6 kg/qmm ein ganz auffallender Unterschied in den auf verschiedene ise ermittelten Bruchfestigkeiten. Diese Beobachtung legte die Vermuthung nahe, daß die en Flaschen Ia und Ib entweder aus verschiedenartigem Material bestanden oder aber r verschiedenartigen Bearbeitungsweise unterzogen waren, welche die Eigenschaften des leicht ursprünglich gleichartigen Materiales in verschiedenem Grade verändert hatte. Demäß erschien es geboten durch eingehende Prüfung des Materiales aller Flaschen festzustellen, die Flaschen desselben Paares

1. aus gleichartigem Material bestanden und
2. eine gleichartige Bearbeitung erfahren hatten,

ß es thatsächlich zulässig war, aus der Querfestigkeit des Materiales der einen Flasche die Widerstandsfähigkeit der anderen gegen inneren Druck zu schließen.

3. Zugleich sollte aus der Gegenüberstellung der an dem Material der zersprengten Flaschen ermittelten Querfestigkeit und der beim Sprengen entwickelten Materialspannung ein Anhalt dafür gewonnen werden, inwieweit
   a) die Materialfestigkeit, wie sie an der gerade gerichteten und hierdurch allerdings mehr oder weniger beeinflußten Querprobe zu ermitteln ist, in den Flaschen ausgenutzt wird und
   b) die Herstellungsart der Flaschen den Grad dieser Ausnutzung beeinflußt.

An dem Verlauf des Bruches der gesprengten Flaschen war es befremdend, daß der gsbruch der Flasche IIIa (s. Lichtbild Fig. 1, S. 208) welcher, an dem Gefügeaussehen deutlich nnbar, bei B begonnen hatte, plötzlich unter scharfem Winkel in einen fast ringsumlaufenden erbruch übergegangen war. Da im Gefüge des letzteren und vornehmlich an der Kreuzungsle beider Brüche keine Fehlstelle im Material gefunden werden konnte, so erschien es nicht geschlossen, daß unterhalb der Kreuzungsstelle ein härteres Material sich befand, welches en größeren Widerstand gegen Aufreißen in der Längsrichtung geboten und zur schroffen lenkung des Bruches in die Querrichtung die Veranlassung gegeben hatte. Um dies zu ründen, fand

4. eine vergleichende Prüfung des Materiales zu beiden Seiten des Querbruches statt.

An den gezogenen Flaschen war auch bei anderen Untersuchungen beobachtet, daß der Bruch wie bei der Flasche Ia (s. Lichtbild Fig. 2) meist in der oberen Hälfte oder im ersten

Fig. 1.

oberen Drittel der Flasche begonnen hatte. Um festzustellen, ob diese Erscheinung darin begründet sei, daß das Material am oberen Ende zur Herstellung des Flaschenhalses besonders ausgeglüht und daher in dem hierauf nicht weiter bearbeiteten Theil weniger fest war, fanden

5. Vergleiche zwischen Proben aus dem oberen und unteren Ende der Flaschen statt.

Fig. 2.

II. Die Probenentnahme.

Zur Beantwortung der im Vorstehenden unter 1 aufgeführten Frage nach der Gleichartigkeit des Materiales in den beiden Flaschen desselben Paares war es erforderlich die Festigkeitseigenschaften festzustellen sowohl für den Zustand in der Flasche, d. h. für den ungeglühten oder Anlieferungszustand als auch nach vorhergegangenem Ausglühen, d. h. nach möglichster Beseitigung der Veränderungen, welche das Material in seinem natürlichen Zustande durch die mechanische Bearbeitung bei Herstellung der Flaschen erfahren hatte. Am geeignetsten hierzu waren Längsproben, weil diese dem Versuch ohne vorausgehendes Richten unterworfen werden konnten. Zur Beantwortung der Fragen 2 und 3 war indessen auch die Kenntniß der Querfestigkeit des Materiales wenigstens im Anlieferungszustande erforderlich. Demgemäß wurden Zerreißversuche im Anlieferungszustande mit Längs- und Querproben, im ausgeglühten

Zustande aber nur mit Längsproben angestellt. Außerdem gelangten zur Feststellung der Härtbarkeit des Materiales auch Biegeproben mit Längsstreifen im Anlieferungs-, geglühten und gehärteten Zustande zur Ausführung.

Für die drei Flaschen Ib, IIb und IIIb lagen die Werthe für die Längs- und Querfestigkeit im Anlieferungszustande aus den früheren Untersuchungen bereits vor. Die hierzu benutzten Proben waren nach dem Antrage aus dem mittleren Theil der Flaschen entnommen (s. schraffirte Fläche Fig. 3)[1]), und zwar war hierzu je ein Ringstück von 240 mm Länge

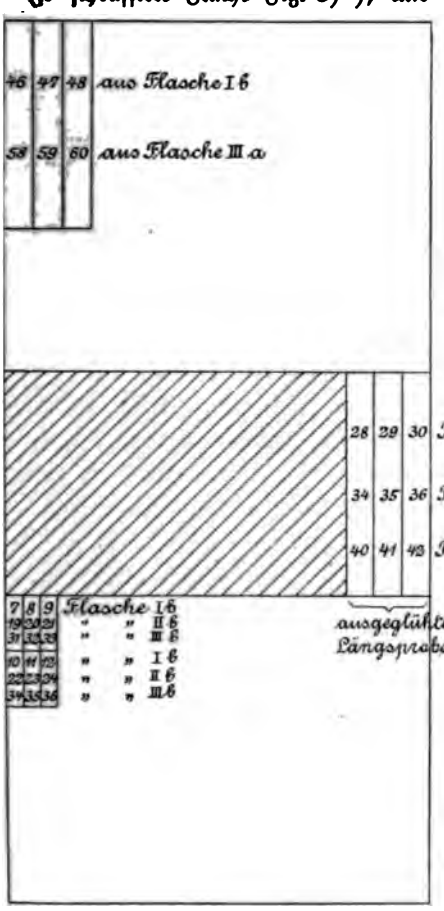


Fig. 3.

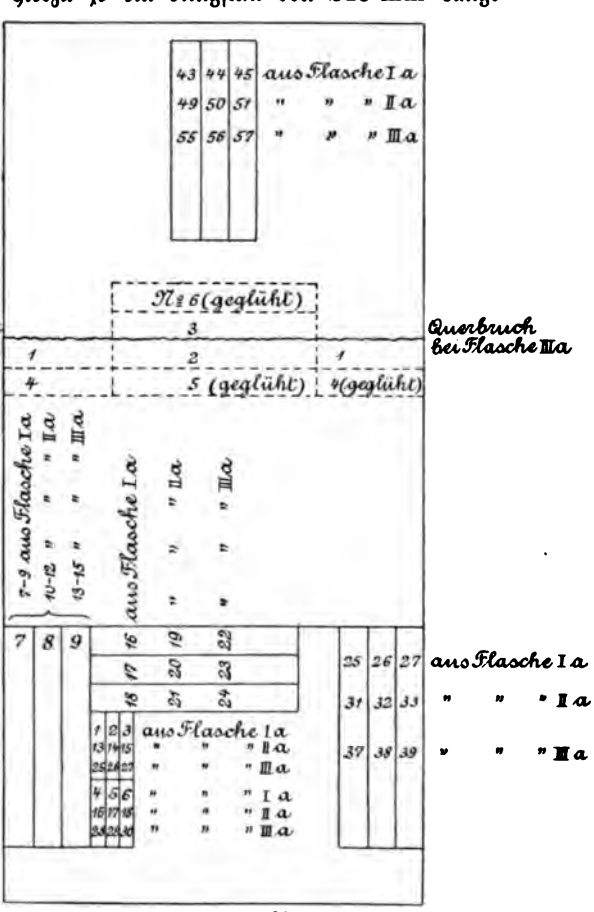


Fig. 4.

aus den Flaschen herausgeschnitten. Die von diesen Ringen früher nicht verwendeten Längsstreifen von 90—115 mm Breite dienten zur Entnahme der bei der weiteren Untersuchung im ausgeglühten Zustande auf Festigkeit zu prüfenden Längsproben; ihre Nummern sind neben den Flaschenzeichen in Fig. 3 angegeben. Das Gleiche gilt für die Biegeproben, welche bei diesen drei Flaschen unmittelbar neben dem Schnitt aus dem unteren Theil entnommen wurden.

Zu einem möglichst einwandfreien Vergleich wäre es zweckmäßig gewesen, wenn auch die Proben aus den drei gesprengten Flaschen nach Maßgabe des Planes Fig. 3 hätten ent-

[1]) Die in Fig. 3 und 4 gegebenen Zerlegungspläne für die Probenentnahme stellen die der Länge nach aufgeschnittene und dann abgewickelte Flaschenoberfläche dar. Die Breite des Planes entspricht also dem mittleren Umfang der Flasche. Bei den gesprengten Flaschen ist der Längsschnitt so geführt gedacht, daß er die Verlängerung des Längsrisses bildet, die Bruchränder also mit den Rändern des Planes zusammenfallen.

nommen werden können. Hiergegen sprach jedoch der Umstand, daß dann die Proben in gleicher Höhe mit dem Riß der Flaschen, d. h. aus demjenigen Theil hätten entnommen werden müssen, welcher bei dem voraufgegangenen Sprengversuch die größte Formänderung erlitten hatte. Nun ändern sich aber bekanntlich die Festigkeitseigenschaften des Materiales mit wachsenden Formänderungen (Streckung unter Zugbelastung). Daher erschien es zur Feststellung der ursprünglichen Materialeigenschaften geboten, die Proben aus demjenigen Theil der Flaschen zu entnehmen, welcher beim Sprengversuch die geringste Formänderung (Aufweitung) erlitten hatte, d. h. aus dem unteren Ende der Flasche, wie es aus dem Zerlegungsplan Fig. 4 (S. 209) zu ersehen ist.

Ganz frei von Aufweitung war auch dieser Flaschentheil nicht; um aber den Einfluß der stattgehabten Formänderung bei Beurtheilung der Ergebnisse aus den weiteren Versuchen berücksichtigen zu können, ist die vorhandene Umfangsänderung vor der Probenentnahme ermittelt und in Tab. 5 mit angegeben.

Aus dem oberen (Hals-) Ende der Flaschen wurden ferner je drei Längsproben für Zugversuche im Anlieferungszustande entnommen, an denen im Vergleich mit den unteren Längsproben, die etwa vorhandenen Unterschiede in den Festigkeitseigenschaften des Materiales an beiden Flaschenenden festgestellt wurden (Frage 5).

Aus den gesprengten Flaschen wurden diese oberen Längsproben dem verlängerten Riß diametral gegenüber entnommen, wie aus dem Lageplan Fig. 4 zu ersehen ist. Dies geschah in der Annahme, daß die Flaschen innerhalb des ganzen Umfanges hier die geringste Formänderung erlitten hatten. Beabsichtigt war, auch die am oberen Ende beim Sprengen der Flaschen stattgehabte Streckung festzustellen. In Folge eines Wechsels im Aufsichtspersonal unterblieb indessen versehentlich die Erhebung der erforderlichen Maße.

Die in Fig. 4 punktirt eingetragenen Linien gelten für die Entnahme der sechs besonderen Proben aus Flasche III a zur Erledigung der Frage 4 nach dem Grunde für den plötzlichen Uebergang des Längsbruches in den ringsumlaufenden Querbruch. Wie unter Beachtung dessen, was oben über die Darstellungsweise der Lagepläne gesagt wurde, aus der getheilten Darstellung der Proben 1 und 4 zu erkennen ist, lagen diese unterhalb des Querbruches und symetrisch zu dem oberen Längsriß. In gleicher Höhe mit Nr. 1 und 4 lagen die Stäbe Nr. 2 und 5 und über diesen, d. h. oberhalb des Querbruches Nr. 3 und 6. Von ihnen wurden 4, 5 und 6 im geglühten Zustande geprüft.

Sämmtliche Querstreifen wurden vor der weiteren Bearbeitung unter der Presse langsam kalt gerichtet.

III. Die Versuchsausführung.

Die Zerreißproben erhielten sämmtlich die in Fig. 5 dargestellten Abmessungen mit einer Theilungslänge von 100 mm zur Bestimmung der Bruchdehnung. Ihre Prüfung erfolgte theils auf der Werder- und theils auf der 50 t-Pohlmeyer-Maschine. Immer an je einem der drei gleichartigen Stäbe wurden die Proportionalitätsgrenze und die Streckgrenze mit Hülfe der Martens'schen Spiegelapparate ermittelt. Bei allen übrigen Versuchen wurde die Dehnung wenig bis über die Streckgrenze hinaus für je 500 kg Belastungszuwachs mit Hülfe eines Anlegemaßstabes ermittelt und die Streckgrenze dann nach dem Ausfall dieser Messungen unter gleichzeitiger Berücksichtigung des längeren Abfallens des Belastungshebels festgestellt.

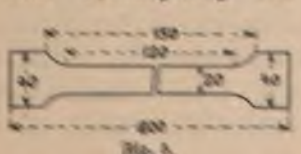


Fig. 5.

Die Bruchlast ist stets auf mindestens 50 kg genau ermittelt.

Die Biegeproben wurden auf der Schraubenpresse bei etwa 60 mm Freilage unter einem Dorn von 8 mm Durchmesser bis zu einem Winkel von etwa 90 Grad stetig vorgebogen und, wenn hierbei noch kein Anbruch eingetreten war, zwischen parallelen Druckflächen weiter zusammengedrückt. Bestimmt wurde der endliche Biegungswinkel W und der Halbmesser ϱ, nach welchem die neutrale Faserschicht gebogen war. Aus ϱ und der Blechdicke a wurde dann nach dem von Tetmajer angegebenen Verfahren[1]) die „Biegungsgröße" der Biegeprobe $Bg = 50\frac{a}{\varrho}$ als Vergleichsmaß berechnet.

IV. Die Versuchsergebnisse.

Die Ergebnisse aus den Versuchen mit den im vorigen Abschnitt genannten Proben sind in den beiden nachfolgenden Tabellen 2 und 3 zusammengestellt. Von ihnen enthält Tab. 2 (S. 212—217) die Ergebnisse der Zugversuche und Tab. 3 (S. 218) diejenigen der Biegeproben. In Tab. 2 sind die Proben nach laufenden Nummern geordnet und zugleich sind die Einzelwerthe von immer drei Proben getrennt nach Flaschennummer, Richtung der Entnahme und dem Zustand des Materiales zu Mittelwerthen zusammengezogen. Hierzu möge schon an dieser Stelle erwähnt sein, daß die zusammengehörigen Stäbe sowohl hinsichtlich der Festigkeit als auch hinsichtlich der Dehnung im Allgemeinen gut übereinstimmende Werthe lieferten. Nur die im Anlieferungszustande geprüften Proben 10—12 aus der Flasche IIa weichen in der Dehnung auffallend von einander ab, indem die Werthe zwischen 9,5 und 17,9 % schwanken. Hierbei zeigt gerade der Stab Nr. 11 mit der kleinsten Dehnung die größte örtliche Einschnürung.

V. Besprechung der Versuchsergebnisse.

Zur besseren Uebersicht bei Besprechung der Versuchsergebnisse sind sowohl die in Tab. 2 enthaltenen Mittelwerthe als auch die Mittelwerthe aus den drei älteren Versuchsreihen (s. Tab. 1), in den nachfolgenden Tabellen 4—8 immer nach den verschiedenen Gesichtspunkten einander gegenübergestellt, welche bei Beantwortung der gestellten Fragen ins Auge zu fassen waren.

1. Vergleich der Eigenschaften des Materiales aus den angeblich gleichartigen Flaschen desselben Paares.

Die bei diesem Vergleich in Betracht kommenden Mittelwerthe für die Festigkeitseigenschaften aus den vier vorliegenden Versuchsreihen sind in Tab. 4 (S. 220 u. 221) zunächst getrennt für die beiden Zustände des Materiales und Richtungen der Probenentnahme der Reihe nach aufgeführt. Die drei letzten Vertikalspalten enthalten ferner die Verhältnißzahlen für den Vergleich

[1]) Ist ρ_1 der Krümmungshalbmesser für die Innen- (Druck-) Seite der Probe, so ist der Krümmungshalbmesser ρ für die neutrale Faserschicht $\rho = \rho_1 + \frac{a}{2}$. Sind nun l und l_1 die demselben Centriwinkel angehörigen Bogenlängen der neutralen und der meistgedehnten Faserschicht auf der Zugseite mit den Radien ρ und $\rho + \frac{a}{2}$, so ist $l_1 : l = \rho + \frac{a}{2} : \rho$ und hiernach $l_1 = l\left(1 + \frac{a}{2\rho}\right)$.

Aus dem Unterschied von l und l_1 berechnet sich die Biegegröße zu $Bg = \frac{l_1 - b}{l} \cdot 100$ und wenn man hierin den obigen Werth von l_1 einsetzt, zu $Bg = 50\frac{a}{\rho}$.

Tabelle

Versuchs-Nr.	Angaben über das Material	Ursprüngliche Abmessungen: Breite mm	Dicke mm	Querschnitt qmm	Länge der Theilung mm	Proportionalitätsgrenze: Belastung gesammt kg	Proportionalitätsgrenze: Belastung kg/qmm	Elasticitäts-Modul kg/qmm	Streckgrenze: Belastung gesammt kg	Streckgrenze: Belastung kg/qmm	Bruchgrenze: Belastung gesammt kg	Bruchgrenze: Belastung kg/qmm
1	Aus Flasche IIIa Nr. 59130; Querrichtung; Anlieferungszustand	19,9	4,8	95,5	100	—	—	—	6400	67,0	6750	70,7
2		19,9	5,0	99,5	100	3200	32,2	20450	6300	63,3	6900	69,3
3		20,0	4,8	96,0	100	—	—	—	6250	65,1	6790	70,7
Mittel	—	—	—	—	—	—	—	—	—	**65,1**	—	**70,2**
4	Aus Flasche IIIa Nr. 59130; Querrichtung; geglüht	19,6	4,7	92,1	100	—	—	—	2600	28,2	4860	52,8
5		19,8	5,0	99,0	100	1200	12,1	20350	2600	26,3	5150	52,0
6		19,9	4,7	93,5	100	—	—	—	2570	27,5	4620	49,4
Mittel	—	—	—	—	—	—	—	—	—	**27,3**	—	**51,4**
7	Fußende aus Flasche Ia Nr. 60472; Längsrichtung; Anlieferungszustand	20,0	5,5	110,0	100	—	—	—	5400	49,1	6950	63,2
8		20,0	4,7	94,0	100	2400	25,5	20000	4400	46,8	6000	63,8
9		20,0	4,6	92,0	100	—	—	—	5000	54,3	5950	64,7
Mittel	—	—	—	—	—	—	—	—	—	**50,1**	—	**63,9**
10	Fußende aus Flasche IIa Nr. 61377; Längsrichtung; Anlieferungszustand	19,9	4,6	91,5	100	—	—	—	4500	49,2	5350	58,5
11		19,8	4,7	93,1	100	2400	25,8	20500	4600	49,4	5400	58,0
12		19,8	5,1	101,0	100	—	—	—	5000	49,5	6200	61,4
Mittel	—	—	—	—	—	—	—	—	—	**49,4**	—	**59,3**
13	Fußende aus Flasche IIIa Nr. 59130; Längsrichtung; Anlieferungszustand	19,5	4,8	93,6	100	—	—	—	4800	51,3	6320	67,5
14		19,4	4,9	95,1	100	2000	21,0	20350	4000	42,1	6450	67,8
15		19,0	5,2	98,8	100	—	—	—	4500	45,5	6370	64,5
Mittel	—	—	—	—	—	—	—	—	—	**46,3**	—	**66,6**
16	Fußende aus Flasche Ia Nr. 60472; Querrichtung; Anlieferungszustand	20,2	4,7	94,9	100	—	—	—	5100	53,7	5890	62,1
17		20,0	4,8	96,0	100	2000	20,8	21550	5100	53,1	6050	63,0
18		20,2	4,8	97,0	100	—	—	—	5380	55,5	6150	63,4
Mittel	—	—	—	—	—	—	—	—	—	**54,1**	—	**62,8**
19	Fußende aus Flasche IIa Nr. 61377; Querrichtung; Anlieferungszustand	19,7	4,7	92,6	100	—	—	—	4800	51,8	5170	55,8
20		20,0	4,6	92,0	100	2000	21,7	23650	4700	51,1	5450	59,2
21		19,7	4,8	94,6	100	—	—	—	4900	51,8	5420	57,3
Mittel	—	—	—	—	—	—	—	—	—	**51,6**	—	**57,4**

Anm. In den Tabellen sind die Zahlen, die nicht als völlig zuverlässig erachtet werden können, in [ ] und diejenigen, welche als unzuverlässig erachtet werden müssen, oder aus anderen Gründen zur Mittelbildung und

2.

Bruchquerschnitt qmm	Mittlere Entfernung der Bruchstelle von der nächsten Endmarke mm	Dehnung bezogen auf eine Länge von: 100 mm je 50 mm von der Bruchstelle %	Dehnung bezogen auf eine Länge von: 100 mm %	Querschnittsverminderung %	Angaben über das Aussehen der: Bruchfläche	Angaben über das Aussehen der: Oberfläche nach dem Bruch
70,0	40	6,1	6,1	26,7	Kern mattgrau, feinschuppig; nach den Schmalseiten zu sehr feinkörnig, krystallinisch glänzend; Bruchlinien; Ansatz zur Trichterbildung	Unverändert
Bruch außerhalb der Theilung		—	(3,3)	—		
67,3	10	5,8	5,1	29,9		
—	—	**6,0**	**5,6**	**28,3**	—	—
58,8	50	17,6	17,6	36,2	Wie bei 1—3	Unverändert
Bruch außerhalb der Theilung		—	(11,3)	—		
60,8	10	13,5	12,6	35,0		
—	—	**15,6**	**15,1**	**35,6**	—	—
Bruch außerhalb der Theilung		—	(15,4)	—	Mattgrau; blättrig, geschichtet, kurzschuppig; ausgeprägter Trichter	Unverändert
46,8	5	—	10,7	50,2		
49,0	3	—	9,1	46,7		
—	—	—	[**9,9**]	**48,5**	—	—
48,1	40	12,4	12,2	47,4	Mattgrau; blättrig, geschichtet, feinschuppig; ausgeprägter Trichter	Unverändert
45,1	40	9,5	9,4	51,6		
51,8	25	17,9	17,2	48,7		
—	—	**13,3**	**12,9**	**49,2**	—	—
62,3	3	—	8,7	33,4	Kern mattgrau, feinschuppig; nach den Schmalseiten zu sehr feinkörnig, krystallinisch glänzend; Bruchlinien; Trichterbildung	Unverändert
66,0	5	—	10,2	30,6		
64,0	5	—	9,4	35,2		
—	—	—	**9,4**	**33,1**	—	—
68,8	20	8,1	7,7	27,5	Mattgrau; blättrig, geschichtet, kurz- bis feinschuppig; schief zur Achse	Unverändert
58,1	20	10,2	10,7	39,5		
61,8	10	11,2	10,7	36,3		
—	—	**9,8**	**9,7**	**34,4**	—	—
61,8	5	—	6,7	33,3	Mattgrau; blättrig, geschichtet, kurz- bis feinschuppig; schief zur Achse; Trichterbildung	Unverändert
60,2	In der Endmarke gerissen	—	(6,2)	34,6		
Bruch außerhalb der Theilung		—	(6,1)	—		
—	—	—	(**6,7**)	**34,0**	—	—

Materialbeurtheilung nicht benutzt werden dürfen, in ( ) gesetzt. Z. B. sind die Zahlen für die Dehnung in ( ) gesetzt, wenn der Stab außerhalb der Theilung riß.

Tabelle 2

Versuchs-Nr.	Angaben über das Material	Ursprüngliche Abmessungen: Breite	Dicke	Querschnitt	Länge der Theilung	Proportionalitätsgrenze Belastung: Gesammt	kg/qmm	Elasticitäts-Modul	Streckgrenze Belastung: Gesammt	kg/qmm	Bruchgrenze Belastung: Gesammt	kg/qmm
		mm	mm	qmm	mm	kg	kg/qmm	kg/qmm	kg	kg/qmm	kg	kg/qmm
22	Fußende aus Flasche IIIa Nr. 59130; Querrichtung; Anlieferungszustand	19,7	4,7	92,6	100	—	—	—	5900	63,7	6800	73,4
23		19,7	4,6	90,6	100	2400	26,5	20800	5500	60,7	6800	75,1
24		19,5	4,8	93,6	100	—	—	—	5900	63,0	6750	72,1
Mittel				—	—	—	—	—	—	62,5	—	73,5
25	Fußende aus Flasche Ia Nr. 60472; Längsrichtung; ausgeglüht	19,9	5,1	101,5	100	—	—	—	3300	32,5	5700	56,2
26		19,7	4,9	96,5	100	1600	16,6	21850	3300	34,2	5600	58,0
27		19,9	4,6	91,5	100	—	—	—	(5000)	(54,6)[1]	(5950)	(65,0)[1]
Mittel		—	—	—	—	—	—	—	—	33,4	—	57,1
28	Mitte aus Flasche Ib Nr. 60554; Längsrichtung; ausgeglüht	19,8	5,5	108,9	100	—	—	—	5900	54,2	8500	78,1
29		19,9	5,3	105,5	—	[5100]	[48,3]	20200	6000	56,9	8300	78,7
30		19,8	5,7	112,9	100	—	—	—	6400	56,7	9000	79,7
Mittel				—	—	—	—	—	—	55,9	—	78,8
31	Fußende aus Flasche IIa Nr. 61377; Längsrichtung, ausgeglüht	19,8	5,1	101,0	100	—	—	—	3100	30,7	5100	50,5
32		20,0	5,3	106,0	—	2500	23,6	22850	3400	32,1	5300	50,0
33		19,9	5,3	105,5	100	—	—	—	3300	31,3	5350	50,7
Mittel				—	—	—	—	—	—	31,4	—	50,4
34	Mitte aus Flasche IIb Nr. 61096; Längsrichtung; ausgeglüht	18,6	5,1	94,9	100	—	—	—	2700	28,5	4650	49,0
35		18,4	5,0	92,0	100	1200	13,0	21350	2800	30,4	4600	50,0
36		18,5	5,0	92,5	100	—	—	—	2500	27,0	4450	48,1
Mittel					—	—	—	—	—	28,6	—	49,0
37	Fußende aus Flasche IIIa Nr. 59130; Längsrichtung; ausgeglüht	19,1	5,2	99,3	100	—	—	—	2700	27,2	5350	53,9
38		18,9	5,2	98,3	100	2000	20,3	20750	2600	26,4	5250	53,4
39		18,9	5,2	98,3	100	—	—	—	2700	27,5	5350	54,4
Mittel						—	—	—	—	27,0	—	53,9
40	Mitte aus Flasche IIIb Nr. [illegible]; Längsrichtung; ausgeglüht	18,6	5,1	94,8	100	—	—	—	2600	27,4	4900	51,6
41		18,5	5,0	92,5	100	1200	13,0	20550	2400	25,9	4850	52,4
42		18,8	5,0	94,0	100	—	—	—	2600	27,7	4900	52,1
Mittel						—	—	—	—	27,0	—	52,0

[1] Stab 27 war versehentlich nicht ausgeglüht worden, seine Ergebnisse wurden deshalb von dem Mittel

(Fortsetzung).

Bruchquerschnitt qmm	Mittlere Entfernung der Bruchstelle von der nächsten Endmarke mm	Dehnung bezogen auf eine Länge von: 100 mm je 50 mm von der Bruchstelle %	Dehnung bezogen auf eine Länge von: 100 mm %	Querschnittsverminderung %	Angaben über das Aussehen der: Bruchfläche	Angaben über das Aussehen der: Oberfläche nach dem Bruch
Bruch außerhalb der Theilung		—	(4,0)	—	Kern mattgrau, feinschuppig; nach den Schmalseiten zu sehr feinkörnig, krystallinisch glänzend; Bruchlinien, Trichterbildung	Unverändert
desgl.		—	(4,8)	—		
desgl.		—	(4,3)	—		
—	—	—	—	—	—	—
52,4	10	24,0	22,1	48,4	Mattgrau; blättrig, geschichtet, feinschuppig; ausgeprägter Trichter; bei 26 Bruchfläche schief zur Achse	Unverändert
54,3	10	20,7	19,9	43,7		
Bruch außerhalb der Theilung		—	(8,2)	—		
—	—	**22,4**	**21,0**	**46,1**	—	—
58,1	10	17,1	16,4	46,6	Mattgrau; blättrig, geschichtet, sehr feinschuppig; ausgeprägter Trichter	Bei 28 eine starke Abblätterung, sonst unverändert
55,0	50	Theilung nicht mehr zu erkennen		47,9		
Bruch außerhalb der Theilung		—	(11,3)	—		
—	—	(**17,1**)	(**16,4**)	**47,3**	—	—
52,8	30	24,9	24,8	47,7	Hellgrau, glänzend; sehr feinschuppig; schief zur Achse	Unverändert
52,5	Theilung nicht mehr zu erkennen			50,5		
46,2	20	31,1	30,9	56,2		
—	—	**28,0**	**27,9**	**51,5**	—	—
46,4	5	—	24,7	51,1	Matt- bis hellgrau; sehr feinschuppig; Trichterbildung	Unverändert
43,7	20	25,9	24,9	52,5		
Bruch außerhalb der Theilung		—	(19,5)	—		
—	—	(**25,9**)	**24,8**	**51,8**	—	—
60,8	5	21,3	20,4	38,8	Kern mattgrau, feinschuppig; nach den Schmalseiten zu feinkörnig, krystallinisch glänzend; Trichterrand	Unverändert
61,2	5	20,3	19,1	37,7		
63,1	10	20,1	19,1	35,8		
—	—	**20,6**	**19,5**	**37,4**	—	—
55,9	40	24,9	24,8	41,1	Kern mattgrau, feinschuppig, blättrig, geschichtet; an d. Schmalseiten feinkörnig, krystallinisch glänzend; Trichterbildung	Unverändert
54,7	30	25,3	24,7	40,9		
56,2	30	24,2	24,0	40,2		
—	—	**24,8**	**24,5**	**40,7**	—	—

ausgeschlossen.

Tabelle 2

Versuchs-Nr.	Angaben über das Material	Ursprüngliche Abmessungen: Breite mm	Dicke mm	Querschnitt qmm	Länge der Theilung mm	Proportionalitätsgrenze: Belastung gesammt kg	Belastung kg/qmm	Elasticitäts-Modul kg/qmm	Streckgrenze: Belastung gesammt kg	Belastung kg/qmm	Bruchgrenze: Belastung gesammt kg	Belastung kg/qmm
43	Kopfende aus Flasche Ia Nr. 60472; Längsrichtung; Anlieferungszustand	19,9	5,3	105,5	100	2000	19,0	23650	4900	46,4	6600	62,6
44		19,6	5,0	98,0	100	—	—	—	4750	48,5	6100	62,2
45		19,9	4,9	97,5	100	—	—	—	4900	50,3	6200	63,6
Mittel	—	—	—	—	—	—	—	—	—	48,4	—	62,8
46	Kopfende aus Flasche Ib Nr. 60554; Längsrichtung; Anlieferungszustand	20,0	5,8	116,0	100	—	—	—	8000	69,0	9900	85,3
47		20,0	5,4	108,0	100	(2800)	(25,9)	(20400)	7500	69,4	9500	88,0
48		19,9	5,4	107,5	100	—	—	—	7200	67,0	9000	83,7
Mittel	—	—	—	—	—	—	—	—	—	68,5	—	85,7
49	Kopfende aus Flasche IIa Nr. 61377; Längsrichtung; Anlieferungszustand	19,8	5,2	103,0	100	2400	23,3	18750	5100	49,5	6700	65,0
50		19,9	5,3	105,5	100	—	—	—	5900	55,9	7100	67,3
51		19,9	5,3	105,5	100	—	—	—	5800	55,0	7100	67,3
Mittel	—	—	—	—	—	—	—	—	—	58,5	—	66,5
55	Kopfende aus Flasche IIIa Nr. 59130; Längsrichtung; Anlieferungszustand	20,0	5,4	108,0	100	—	—	—	5100	47,2	6800	63,0
56		19,9	4,9	97,5	100	2400	24,6	21500	4485	46,0	6800	69,7
57		20,0	5,5	110,0	100	—	—	—	5100	46,4	6900	62,7
Mittel	—	—	—	—	—	—	—	—	—	46,5	—	65,1
58	Kopfende aus Flasche IIIb Nr. 59137; Längsrichtung; Anlieferungszustand	19,5	4,8	93,6	100	—	—	—	2900	31,0	5000	53,4
59		19,9	4,7	93,5	100	—	—	—	2900	31,0	4900	52,4
60		19,5	4,8	93,6	100	—	—	—	3000	32,1	[3900]	[41,7]
Mittel	—	—	—	—	—	—	—	—	—	31,4	—	49,2

der Eigenschaften im Anlieferungs- und im geglühten Zustande und schließlich sind in den drei untersten Horizontalreihen der Tabelle auch die Verhältnisse zwischen allen Einzelwerthen der beiden Flaschen desselben Paares gegeben.

Wie die letztgenannten Verhältnißzahlen darthun, besteht die beste Uebereinstimmung zwischen den Bruchfestigkeiten der beiden Flaschen des Paares II. In der Längsrichtung überwiegt IIa um 9 %, und in der Querrichtung IIb um nur 4 %.

Bei dem Paar I erweist sich das Material der seinerzeit auf Zug geprüften Flasche Ib in der Längs- und in der Querrichtung um 34—38 % fester als dasjenige der seinerzeit gesprengten Flasche Ia.

Bei dem Paar III aber besteht das umgekehrte Verhältniß, d. h. die gesprengte Flasche enthielt das festere Material, und zwar beträgt der Unterschied 24—26 %.

(Fortsetzung).

Bruchquerschnitt qmm	Mittlere Entfernung der Bruchstelle von der nächsten Endmarke mm	Dehnung bezogen auf eine Länge von: 100 mm je 50 mm von der Bruchstelle %	Dehnung bezogen auf eine Länge von: 100 mm %	Querschnittsverminderung %	Angaben über das Aussehen der: Bruchfläche	Angaben über das Aussehen der: Oberfläche nach dem Bruch
53,9	5	15,1	13,5	48,9	Hellgrau, feinschuppig, dicht; glänzend; fast vollkommener Trichter	Theils feinkrispelig, theils ganz unverändert
54,4	0	—	(8,0)	(44,5)		
53,0	3	—	9,2	45,6		
—	—	[15,1]	[11,4]	[47,3]	—	—
59,2	4	—	12,8	49,0	Hellgrau, feinschuppig; blättrig, geschichtet; dicht, glänzend; fast vollkommener Trichter	Theils feinkrispelig, theils unverändert; bei Stab 46 auf einer Seite starke Abblätterungen
—	Bruch außerhalb der Theilung	—	(8,3)	—		
56,2	3	—	10,9	47,7		
—	—	—	[11,9]	[48,3]	—	—
58,5	5	13,0	12,4	43,2	Wie bei 43—45	Wie bei 43—45
62,4	10	12,7	12,5	40,9		
64,8	30	13,1	13,0	38,6		
—	—	12,9	12,6	40,9	—	—
Bruch außerhalb der Theilung		—	(7,4)	—	Kern mattgrau, feinschuppig; nach den Schmalseiten zu feinkörnig, krystallinisch glänzend; Trichterrand	Theils feinkrispelig, theils unverändert
68,8	Theilung nicht vorhanden	—	—	29,4		
67,9	10	8,8	8,3	38,3		
—	—	[8,8]	[8,3]	[34,6]	—	—
52,1	40	14,2	13,9	44,3	Hellgrau, feinschuppig, dicht, glänzend; fast vollkommener Trichter	An der Bruchstelle feinkrispelig
53,0	40	12,8	12,7	43,3		
46,5	40	12,7	12,4	50,3		
—	—	13,2	13,0	46,0	—	—

In diesem Ergebniß liegt zunächst die gesuchte Begründung dafür, daß nach Maßgabe von Tab. 1 die beim Sprengen rechnungsmäßig entwickelte Materialspannung bei dem Paar I gegenüber der an der zweiten Flasche ermittelten Zerreißfestigkeit zu gering ausfiel, während beide im Paar II nahezu übereinstimmten. Dagegen muß es nach den vorliegenden erweiterten Untersuchungen befremden, daß die Flasche IIIa, trotz der höheren Zugfestigkeit ihres Materiales, beim Sprengen doch nur eine der weniger festen Flasche IIIb entsprechende Materialspannung entwickelte.

Hierbei ist außer Acht gelassen, daß die Proben aus den gesprengten Flaschen den ursprünglichen Zustand des Materiales vor dem Sprengversuch nicht mehr vollständig erkennen lassen, weil die Flaschen sich beim Sprengen auch dort, wo die Stäbe entnommen wurden, aufgeweitet hatten. Diese Streckung des Materiales wird in der Regel eine Erhöhung der

Tabelle 3. Ergebnisse der Prüfung von 36 Flachstäben auf Biegungsfähigkeit.

Material: Aus 6 Kohlensäure-Flaschen entnommen.

Nr. des Paares und der Flasche	Nr. der Probe	Zustand des Materials	Abmessungen			Biegungswinkel W °	Biegungsradius ϱ bezogen auf die neutrale Faser in mm	Biegegröße $Bg = 50\frac{a}{\varrho}$	Bemerkungen
			Länge L mm	Breite b mm	Dicke a mm				
	1	Anlieferung	61	15	5	180	6,5	38	Feine Oberflächenanrisse
	4	„	61	15	5	180	5,5	45	Völlig unverletzt
I	2	geglüht	61	15	5	180	5,5	45	Desgl.
60472	5	„	61	15	5	180	5,5	45	Desgl.
	3	gehärtet	61	15	5	3	—	—	Bruch mattgrau, sehr feinkörnig
	6	„	61	15	5	3	—	—	Desgl.
	7	Anlieferung	64	15	6	165	9	33	Feine Anrisse; Abblätterungen
	10	„	63	15	6	180	8	38	Starke Risse; Abblätterungen
I	8	geglüht	65	15	6	180	8	38	Feine Anrisse; Abblätterungen
60554	11	„	63	15	6	180	8	38	Starke Risse
	9	gehärtet	63	15	6	3	—	—	Bruch mattgrau, uneben, sehr feinkörnig
	12	„	63	15	6	—	—	—	Desgl.
	13	Anlieferung	63	15	5	180	5,5	45	Völlig unverletzt
	16	„	63	15	5	180	5,5	45	Desgl.
II	14	geglüht	61	15	5	180	5,5	45	Desgl.
61377	17	„	62	15	5	180	5,5	45	Desgl.
	15	gehärtet	61	15	5	55	10,5	24	Starke Risse
	18	„	61	15	5	66	9,5	26	Starke Risse; fast vollständiger Bruch
	19	Anlieferung	61	15	5	180	5,5	45	Völlig unverletzt
	22	„	58	15	5	180	5,5	45	Desgl.
II	20	geglüht	61	15	5	180	5,5	45	Desgl.
61096	23	„	58	15	5	180	5,5	45	Desgl.
	21	gehärtet	57	15	5	26	17,5	14	Starke Risse
	24	„	58	15	5	23	22,5	11	Desgl.
	25	Anlieferung	79	15	6	180	6,0	50	Feine Anrisse; fast unverletzt
	28	„	59	15	5	180	7,5	33	Feine Anrisse
III	26	geglüht	79	15	6	180	6,0	50	Feine Anrisse; fast unverletzt
59130	29	„	59	15	5	180	7,5	33	Starke Risse
	27	gehärtet	78	15	6	2	—	—	Bruch mattgrau, feinkörnig; Bruchlinien
	30	„	59	15	5	3	—	—	Desgl.
	31	Anlieferung	58	15	5	180	7,5	33	Starke Risse; fast vollständiger Bruch
	34	„	64	15	5	180	8,5	29	Starke Risse
III	32	geglüht	57	15	5	180	7,5	33	Desgl.
59137	35	„	64	15	5	180	7,5	33	Desgl.
	33	gehärtet	57	15	5	2	—	—	Bruch mattgrau, körnig; Bruchlinien
	36	„	65	15	5	3	—	—	Desgl.

Streck- und Bruchgrenze und eine Verminderung der Dehnung zur Folge haben, nur ausnahmsweise wird sie die entgegengesetzte Wirkung äußern. Zieht man diesen Umstand mit in Betracht, so erscheint es nicht völlig ausgeschlossen, daß einerseits die gute Uebereinstimmung in den Festigkeitseigenschaften der beiden Flaschen des Paares II und andererseits die höhere Festigkeit des Materiales der gesprengten Flasche des Paares III durch die voraufgegangene Streckung um 2,7 bezw. 6,4 % (s. Tab. 5) beim Sprengen wenigstens gefördert ist. Dagegen konnte der beobachtete Unterschied zwischen den Eigenschaften des Materiales der Flaschen des Paares I durch die Streckung des Materiales der Flasche Ia um 1,2 % doch nur allenfalls abgemildert sein.

Um nun weiter festzustellen, ob die beregten Unterschiede in den Flaschen desselben Paares in Verschiedenheiten des ursprünglichen Materiales begründet oder erst durch abweichende Behandlung des ursprünglich gleichartigen Materiales veranlaßt sind, hat man die für den ausgeglühten Zustand erhaltenen Werthe mit einander zu vergleichen.

Hierbei ergiebt sich nun aus den Verhältnißzahlen eine ganz außerordentliche gute Uebereinstimmung zwischen dem Material der zusammengehörigen Flaschen sowohl für das Paar II als auch für das Paar III, dagegen sind die Unterschiede in dem Paar I nach dem Glühen zum Theil noch größer, als sie für den ungeglühten Zustand beobachtet wurden.

Hiernach sind

die Flaschen der beiden Paare II und III zwar aus gleichartigem Material gefertigt, letzteres unterlag aber und zwar besonders bei dem Paar III dem Einfluß der Bearbeitung in verschiedenem Maße. Die Flaschen des Paares I dagegen sind aus sehr verschiedenartigem Material gefertigt und der Einfluß der Bearbeitung hat hier eher auf einen Ausgleich der ursprünglichen Unterschiede hingewirkt.

Da nun diese Umstände mehr oder weniger bei jeder Lieferung auftreten werden, so folgt aus den vorstehenden Erörterungen weiter in Beantwortung der obigen Frage 1:

daß es unzulässig ist, aus den Ergebnissen der mit dem Material einer Flasche angestellten Zerreißversuche ohne Weiteres auf die Widerstandsfähigkeit einer zweiten Flasche gleicher Lieferung zu schließen.

Ein Vergleich der Werthe für das Verhältniß zwischen den Längsfestigkeiten und Dehnungen im Anlieferungszustande und den gleichartigen Werthen nach dem Glühen zeigt an den verhältnißmäßig hohen Werthen für die Streckgrenze und an den geringen Werthen für die Dehnung, daß der Einfluß der Bearbeitung sich bei dem vorliegenden Material ganz besonders in einer Höherlegung der Streckgrenze und gleichzeitigen Beeinträchtigung der Bruchdehnung äußerte. Die Veränderungen der Bruchfestigkeiten sind demgegenüber nur als gering zu bezeichnen.

Recht deutlich tritt der Einfluß der stattgehabten mechanischen Bearbeitung auch in dem Verhältniß σ_S/σ_B, d. h. dem Verhältniß der Spannungen an der Streckgrenze zu denen beim Bruch für denselben Stab zu Tage. Die Werthe sind für den Zustand der Anlieferung erheblich höher als nach dem Glühen; ein Beweis, daß die Streckgrenze der Bruchgrenze durch die mechanische Bearbeitung näher gebracht ist.

In die Augen fallend ist es, daß der Einfluß der Bearbeitung stets bei der erstgenannten Flasche jedes Paares in erheblich höherem Maße hervortritt als bei der zweiten.

Tabelle 4. **Vergleich der Festigkeitseigenschaften des**

Zeichen der Flaschen	Nr. des Paares	Angaben über die Fertigungsart der Flaschen	A. Im Anlieferungs-								
			Mittelwerthe, entnommen aus Tabelle Nr.	Längsproben						Quer-	
				Versuchs-Nr.	Dicke mm	Spannungen Streckgrenze kg/qmm	Spannungen Bruch kg/qmm	Verhältniß [1] σ_s/σ_B	Dehnung auf eine Länge v. 100 mm bezogen, in %	Versuchs-Nr.	Dicke mm
60 472	I	Aus einem nach dem Schrägwalzverfahren hergestellten Rohr	2	7—9	4,9	50,1	63,9	0,784	9,9	16—18	4,8
60 554			1	—	4,2	62,8	85,7	0,733	15,8	—	4,4
61 377	II	Aus einem Block gezogen; deutsches Fabrikat	2	10—12	4,8	49,4	59,3	0,832	12,9	19—21	4,7
61 096			1	—	5,0	34,7	54,0	0,643	18,8	—	4,8
59 130	III	Aus einem Block gezogen; englisches Fabrikat	2	13—15	5,0	46,3	66,6	0,695	9,4	22—24	4,7
59 137			1	—	5,2	27,3	50,9	0,536	21,7	—	5,0
Verhältnißzahlen für den Vergleich der Flaschen desselben Paares, immer die Werthe der erstgenannten Flasche = 100 gesetzt	I		—	—	—	125	134	93	160	—	—
	II	—	—	—	—	70	91	77	146	—	—
	III		—	—	—	59	76	77	231	—	—

Bei den Stäben aus der Flasche IIIb zeigte sich das Glühen ohne nennenswerthen Einfluß. Man dürfte daher nicht fehlgehen mit der Annahme, daß diese Flasche nach der Fertigstellung ausgeglüht wurde. Ob auch die Flaschen Ib und IIb ausgeglüht wurden oder dem Einfluß der Bearbeitung um deswillen in geringerem Maße unterlagen als die Flaschen a, weil ihre Fertigstellung bei höheren Wärmegraden erfolgte, mag dahingestellt bleiben.

Aus den Ergebnissen der Biegeproben (Tab. 3) ersieht man ebenfalls, daß die Materialien der beiden Flaschen des Paares I weder im Anlieferungszustande noch nach dem Glühen unter einander gleichartig waren. Die Proben der Flasche Ia ertrugen eine größere Biegung und blieben hierbei unverletzt, während die Proben der Flasche Ib Risse und Abblätterungen davontrugen. Für die übrigen Flaschen sind nennenswerthe Unterschiede in demselben Paar nicht hervorgetreten, vielmehr gaben sich die Materialien der beiden Flaschen des Paares II auch bei den Biegeproben als außerordentlich gleichartig zu erkennen.

Der Einfluß des Härtens äußerte sich bei den Flaschen der Paare I und III in gleichem Grade; sämmtliche Proben brachen schon bei der geringsten Biegung. Die Flaschen des Paares II widerstanden dem Einfluß des Härtens besser, wenngleich er auch bei ihnen unverkennbar hervortrat.

2. Vergleich zwischen den Bruchspannungen, erhalten beim Sprengen der Flaschen und bei Zugversuchen mit Querproben.

Nachdem im vorigen Abschnitt dargethan ist, daß die Flaschen desselben Paares nicht durchweg gleichartiges Material enthielten, erweist es sich als nothwendig, zur Feststellung der Beziehungen zwischen den Festigkeitseigenschaften der Flaschen bei Inanspruchnahme auf inneren Druck einerseits und dem Zerreißungswiderstande in der Querrichtung andererseits nur die unmittelbar für eine und dieselbe Flasche beobachteten Werthe heranzuziehen. Die einschlägigen Versuchsergebnisse sind in Tab. 3 zusammengestellt. Am Schluß dieser Tabelle sind ferner

Materiales aus den angeblich gleichartigen Flaschen.

zustande				B. Nach dem Ausglühen							Verhältniß zwischen den Längsfestigkeiten des Materiales im Anlieferungszustande und nach dem Glühen (letztere = 100 gesetzt)		
proben					Längsproben								
Spannungen		Verhältniß [1]) σ_s/σ_B	Dehnung auf eine Länge v. 100 mm bezogen, in %	Mittelwerthe entnommen aus Tabelle Nr.	Versuchs-Nr.	Dicke mm	Spannungen		Verhältniß [1]) σ_s/σ_B	Dehnung auf eine Länge v. 100 mm bezogen, in %	Streckgrenze %	Bruchgrenze %	Bruchdehnung %
Streckgrenze kg/qmm	Bruch kg/qmm						Streckgrenze kg/qmm	Bruch kg/qmm					
54,1	62,8	0,861	9,7		25—27	5,0	33,4	57,1	0,585	21,0	150,0	111,9	47,1
63,2	86,6	0,730	12,3		28—30	5,5	55,9	78,8	0,709	16,4	112,3	108,7	96,3
51,6	57,4	0,899	6,7	2	31—33	5,2	31,4	50,4	0,623	27,9	157,3	117,3	46,3
43,5	59,7	0,729	9,9		34—36	5,0	28,6	49,0	0,584	24,8	121,3	110,2	75,8
62,5	73,5	0,850	—		37—39	5,2	27,0	53,9	0,501	19,5	171,5	123,6	48,2
39,9	54,7	0,729	10,0		40—42	5,0	27,0	52,0	0,519	24,5	101,1	97,9	88,6
117	138	85	127		—	—	167	138	121	78	75	97	205
84	104	81	148	—	—	—	91	97	94	89	77	94	164
64	74	86	—		—	—	100	97	104	126	59	79	184

die Verhältnißzahlen für die Sprengfestigkeit der Flaschen zu den Zerreißfestigkeiten der Querproben gegeben.

Aus diesen Verhältnißzahlen erkennt man, daß die beobachtete Zerreißfestigkeit des Materiales in der Flasche 61377 (IIa) annähernd (96,5 %) erreicht wurde. Bei den beiden anderen Flaschen betrug die Sprengfestigkeit übereinstimmend nur etwas über 74 % der Querfestigkeit des Materiales.

Tabelle 5. **Beziehungen zwischen den Festigkeitseigenschaften der Flasche und denen des Materiales an sich.**

...en r ...che	Angaben über die Fertigungsart der Flasche	Abmessungen der Flaschen				Prüfung auf inneren Druck						Prüfung des Materials an Querproben auf Zugfestigkeit				Verhältnißzahlen für die Festigkeit des Materiales im Stabe (= 100) zu derjenigen in der Flasche bei Eintritt des Bruches
		Durchmesser		Mittlere Wandstärke	Aeußerer Umfang	für 250 Atm.		beim Bruch		nach dem Bruch		Mittelwerthe aus Tabelle 2 Versuchs-Nr.	Spannungen kg/qmm		Dehnung auf eine Länge von 100 mm bezogen, in %	
		außen mm	innen mm	mm		Materialspannung kg/qmm	bleibende Formveränderung	Gesammt-Belastung kg	Materialspannung kg/qmm	Umfang mm	Streckung des Materials %		Streckgrenze	Bruch		
72 a	Aus einem nach dem Schrägwalzverfahren hergestellten Rohr	141	129	6,0	443	26,9	—	434,6	46,7	448,3	1,2	16—18	54,1	62,8	9,7	74,4
77 a	Aus einem Block gezogen; deutsches Fabrikat	140	130	5,0	439	32,5	1 bis 2 mm im Umfang	425,8	55,4	450,9	2,7	19—21	51,6	57,4	[6,7]	96,5
30 a	Aus einem Block gezogen; englisches Fabrikat	140	129,4	5,3	439	30,4	keine	447,8	54,5	466,9	6,4	22—24	62,5	73,5	—	74,1

[1]) Bemerkung: σ_s bedeutet Spannung an der Streckgrenze und σ_B Spannung beim Bruch.

Bei Beurtheilung dieser Werthe ist zu berücksichtigen, daß:

a) die Zerreißproben, wie schon oben erwähnt wurde, aus den Flaschen entnommen wurden, nachdem diese beim Sprengen eine Formänderung erlitten hatten, daß
b) die Proben vor dem Versuch gerade gerichtet werden mußten und daß
c) die in Betracht gezogenen Stäbe aus dem unteren Flaschenende entnommen wurden, während die Brüche beim Sprengen mehr dem oberen Ende, dem Hals der Flasche zu gelegen waren.

Inwieweit die Festigkeitseigenschaften des Materiales durch die unter a und b genannten Umstände beeinflußt wurden, ist nicht zu ermitteln, man wird daher nach den vorliegenden Erfahrungen nur allgemein sagen können, daß die Festigkeit der Zerreißproben durch die vorausgegangene Formänderung erhöht und somit das Verhältniß der Sprengfestigkeit der Flaschen zur Zugfestigkeit des Materiales geringer ausfallen mußte, als wenn die ursprüngliche Zugfestigkeit des Materiales hätte in Betracht gezogen werden können.

Zur Feststellung des Unterschiedes der Eigenschaften des Materiales am Fuß- und Kopfende der Flaschen wurden aus fünf Flaschen Längsproben auch aus dem Kopfende noch entnommen und im ungeglühten Zustande auf Zugfestigkeit geprüft. Von der Flasche IIb war hierzu hinreichendes Material leider nicht mehr vorhanden.

Die bei diesen Versuchen erhaltenen Werthe sind in Tab. 2 mit aufgeführt und außerdem sind die Mittelwerthe zur besseren Uebersicht den Mittelwerthen für die ungeglühten Längsproben aus dem Fußende derselben Flaschen in Tab. 6 gegenübergestellt.

Tabelle 6. **Vergleich zwischen den Festigkeitseigenschaften des Materiales, entnommen aus dem Kopf- und aus dem Fußende der Flaschen.**

Zeichen der Flaschen	Nr. des Paares	Angaben über die Art der Fertigung	Entnommen aus dem	Dicke des Stabes	Spannungen		Dehnung auf 100 mm
					Streckgrenze kg/qmm	Bruch kg/qmm	%
60 472	I	Aus einem nach dem Schrägwalzverfahren hergestellten Rohr	Fuß	4,9	50,1	63,9	[9,9]
			Kopf	5,1	48,4	62,8	[11,4]
60 554			Fuß	4,2	62,8	85,7	15,8
			Kopf	5,5	68,5	85,7	[11,9]
61 377	II	Aus einem Block gezogen; deutsches Fabrikat	Fuß	4,8	49,4	59,3	12,9
			Kopf	5,3	53,5	66,5	12,6
59 130	III	Aus einem Block gezogen; englisches Fabrikat	Fuß	5,0	46,3	66,6	9,4
			Kopf	5,3	46,5	65,1	[8,3]
59 137			Fuß	5,2	27,3	50,9	21,7
			Kopf	4,8	31,4	49,2	13,0

Aus dem Vergleich der zusammengehörigen Mittelwerthe ersieht man, daß bei den Flaschen der Paare I und III eine sehr gute Uebereinstimmung zwischen den aus dem Kopf- und aus dem Fußende entnommenen Stäben besteht, und zwar gilt dies sowohl für die vorher gesprengten Flaschen als auch für diejenigen, welche lediglich zur Entnahme von Zerreißproben dienten und deren Material somit zur Prüfung gelangte, ohne daß es durch voraufgegangenes Strecken beim Sprengen der Flaschen beeinflußt war.

Hierin dürfte dargethan sein,

daß Kopfende und Fußende bei den Flaschen der beiden Paare I und III gleichartiges Material enthalten.

Die gesprengte Flasche a des Paares II weist am Kopfende festeres Material auf als am Fußende. Dies Ergebniß befremdet um so mehr, als der Bruch dieser Flasche beim Sprengen am Kopfende eingetreten war. Als Erklärung würde anzunehmen sein, entweder daß die Bruchstelle eine schwache Stelle in der Flasche darstellte oder daß das Material beim Sprengen der Flasche am Kopfende eine größere Streckung und hierdurch eine größere Steigerung seiner Festigkeitseigenschaften erfahren hat. Von der nicht gesprengten Flasche b desselben Paares II konnten wegen Mangel an Material Längsproben aus dem Kopfende, wie schon gesagt wurde, leider nicht entnommen werden. Bei diesem Flaschenpaar bleibt somit die Frage nach der Gleichartigkeit des Materiales an beiden Flaschenenden unbeantwortet. —

3. Ergründung der Ursache des eigenartigen Bruchverlaufes bei der Flasche 59130 (IIIa).

Der auf Seite 207 beschriebene eigenartige Verlauf des Bruches beim Sprengen der Flasche IIIa führte zur Entnahme der Zerreißstäbe 1—6, über deren Lage zu der Bruchstelle der Flasche das Nähere Seite 210 bereits gesagt ist.

Die mit diesen Stäben erhaltenen Versuchsergebnisse sind in Tab. 2 unter 1—6 mit aufgeführt. Aus dem Vergleich der drei im ungeglühten Zustande geprüften Stäbe 1—3 ersieht man zunächst, daß irgendwie nennenswerthe Unterschiede in den Eigenschaften des Materiales zu beiden Seiten des Querbruches nicht bestehen. Auch ist nach der gleichmäßigen Vertheilung der an dem Stabe 1 beobachteten Dehnung über die ganze Versuchslänge nicht anzunehmen, daß unterhalb der Stelle, wo der zuerst entstandene Längsbruch scharf in einen Querbruch überging, eine härtere Einlagerung sich befand, welche der Fortsetzung des Längsbruches einen höheren Widerstand entgegensetzte. —

Man wird die Entstehung des Querbruches füglich wohl nur damit erklären können, daß beim Platzen und Auseinandergehen der Bruchränder eine durch Biegungsspannungen noch verstärkte Inanspruchnahme der Bruchränder in der Längsrichtung der Flasche entstand und zu einem Querbruch führte, sobald diese Inanspruchnahme die Längsfestigkeit des Materiales überschritt.

Als Vergleich ließe sich vielleicht die bekannte Erscheinung heranziehen, daß beim Durchreißen eines Tuches in der Richtung des Schußfadens der Riß leicht seitwärts in die Richtung des festeren Kettenfadens abweicht, aber wohl selten umgekehrt.

Die Gefahr für die Entstehung des Querbruches wird um so größer sein, je mehr die Querfestigkeit des Materiales der Längsfestigkeit überlegen ist.

Stellt man nun die für den ungeglühten Zustand beobachteten Längs- und Querfestigkeiten, wie es in Tab. 7 geschehen ist, zum Vergleich gegenüber, so zeigt sich an den Verhältnißzahlen zunächst, daß die Streckgrenze bei sämmtlichen in der Querrichtung aus den Flaschen entnommenen Stäben höher liegt als bei den Längsproben. Zum Theil wird dieser Unterschied mit dem Einfluß des Richtens der Querproben erklärt werden können, keinesfalles dürfte aber der erhebliche Unterschied von 46 % bei den Proben aus den Flaschen des Paares III hierin begründet sein; vielmehr erscheint es für diese Flaschen zweifellos, daß die Streckgrenze des Materiales schon vor dem Richten der Stäbe in der Querrichtung höher lag als in der Längsrichtung.

Die Bruchfestigkeit war, wenn man nur die gesprengten Flaschen vergleicht, bei der Flasche IIIa (59130) in der Querrichtung um 10 % größer als in der Längsrichtung, bei den Flaschen Ia (60472) und IIa (61377) der beiden anderen Paare dagegen um 2—3 % größer in der Längsrichtung. Hiernach erscheint es allerdings erklärlich, daß die Flasche IIIa (59130) und auch nur diese allein beim Sprengen einen Querbruch erlitt.

Tabelle 7. **Vergleich zwischen Längs- und Querfestigkeit des Materiales aus denselben Flaschen.**

Zeichen der Flasche	Nr. des Paares	Längsproben (L)			Querproben (Q)			Verhältnißzahlen (L = 100)		
		Spannung kg/qmm		Dehnung auf 100 mm %	Spannung kg/qmm		Dehnung auf 100 mm %	Spannung		Dehnung
		Streckgrenze	Bruchgrenze		Streckgrenze	Bruchgrenze		Streckgrenze	Bruchgrenze	
60472	I	50,1	63,9	9,9	54,1	62,8	9,7	108,0	98,3	98,0
60554		62,8	85,7	15,8	63,2	86,6	12,3	100,6	101,1	77,8
61377	II	49,4	59,3	12,9	51,6	57,4	6,7	104,5	96,8	51,9
61096		34,7	54,0	18,8	43,5	59,7	9,9	125,4	110,6	52,7
59130	III	46,3	66,6	9,4	62,5	73,5	—	135,0	110,4	—
59137		27,3	50,9	21,7	39,9	54,7	10,0	146,2	107,5	46,1

Die Ursache für die höhere Querfestigkeit des Materiales der Flasche IIIa gegenüber der Längsfestigkeit dürfte ausschließlich eine Folge der Herstellungsweise der Flasche sein. Denn wie aus der in Tab. 8 gegebenen Zusammenstellung sämmtlicher Mittelwerthe für die Zugfestigkeit des Materiales dieser Flasche zu ersehen ist, sind die Längs- und Querfestigkeit nach dem Ausglühen der Proben einander nahezu gleich und eher die erstere die größere.

Tabelle 8. **Gegenüberstellung sämmtlicher Mittelwerthe für die Zugfestigkeit des Materiales der Flasche 59130 (IIIa).**

Zustand des Materiales	Längsproben					Querproben				
	Ort der Entnahme	Mittel für die Proben	Spannung kg/qmm		Dehnung %	Ort der Entnahme	Mittel für die Proben	Spannung kg/qmm		Dehnung %
			Streckgrenze	Bruch				Streckgrenze	Bruch	
ungeglüht	Fußende	13—15	46,3	66,6	9,4	neben dem Querbruch	1—3	65,1	70,2	5,6
„	Kopfende	55—57	46,5	65,1	8,3	Fußende	22—24	62,5	73,5	—
geglüht	Fußende	37—39	27,0	53,9	19,5	neben dem Querbruch	4—6	27,3	51,4	15,1

Schließlich ergiebt sich aus Tab. 8 noch, daß die Gleichartigkeit des Materiales am oberen und unteren Ende der Flasche IIIa, welche für die Inanspruchnahme in der Längsrichtung schon oben an Hand der Tab. 6 hervorgehoben wurde, auch für die Querproben besteht.

3. Löschpapiere.

Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg.

In der Versuchsanstalt ist in letzter Zeit eine Reihe von Prüfungen zur Ermittelung der Saugfähigkeit von Löschpapier ausgeführt worden, welche allgemeineres Interesse beanspruchen und daher im nächfolgenden besprochen werden sollen. Sie zeigen einmal, daß die bisher bekannt gewordenen Saughöhen bester Löschpapiere noch bei weitem nicht die oberste Grenze des Erreichbaren darstellen und ferner, daß in Deutschland Löschpapiere erzeugt werden, die den höchsten Anforderungen, welche man an ein Löschpapier sinngemäß stellen kann, in ausreichender Weise genügen.

Bevor auf die in der Versuchsanstalt gewonnenen Werthe selbst eingegangen wird, sei vorweg kurz das erwähnt, was über die Prüfung von Löschpapier in der Fachliteratur bisher bekannt gegeben wurde; es sind dies vorwiegend Mittheilungen aus der Papier-Prüfungsanstalt von Otto Winkler in Leipzig, veröffentlicht in der Papierzeitung 1888—92, ferner eine Abhandlung von Prof. Lauboeck in den „Mittheilungen des K. K. Technologischen Gewerbe-Museums in Wien" 1891, Heft 1 und 2 und endlich einige kleine, weniger wichtige Mittheilungen in der Fachpresse. Die Methode, welche Winkler zur Ermittelung der Saugfähigkeit von Löschpapier vorgeschlagen hat und welche auch seitens der Versuchsanstalt unter Benutzung eines vom Mechaniker L. Schopper in Leipzig gebauten Apparates zur Zeit angewendet wird, ist in der Papierzeitung 1888 Nr. 52 eingehend beschrieben. Es mag hier genügen, darauf hinzuweisen, daß mit Hülfe dieses Apparates diejenige Höhe bestimmt wird, bis zu welcher Wasser in einer bestimmten Zeit (nach Winklers und Lauboecks Vorschlag 10 Minuten) in dem Löschpapier aufsteigt; mit Hülfe dieser Höhe, die Winkler Steighöhe nennt und die in der Versuchsanstalt mit Saughöhe bezeichnet wird[1]), kann man die Verwendbarkeit eines Löschpapieres für Löschzwecke beurtheilen, wie später näher mitgetheilt wird. Winkler hat vorgeschlagen, als Zeitgrenze 10 Minuten Saugezeit festzusetzen und hat diese Grenze bei allen seinen Prüfungen innegehalten.

Die ersten Prüfungsergebnisse, welche er bei der Untersuchung von Löschpapier gewonnen hat, sind in Nr. 6 der Papierzeitung 1890 veröffentlicht. Es wurden 37 deutsche und 25 englische Papiere auf ihre Saughöhe nach 10 Minuten geprüft.

Die Werthe für die deutschen Papiere schwankten hierbei zwischen 23 und 60,8 mm; es hatten

46 %	eine Saughöhe	von weniger als	40 mm
32 %	„ „	zwischen 40 und	50 „
17 %	„ „	„ 50 „	60 „
5 %	„ „	von mehr als	60 mm.

Die Werthe für die englischen Papiere schwankten zwischen 43,5 und 78 mm Saughöhe; es hatten

0 %	eine Saughöhe	von weniger als	40 mm
12 %	„ „	zwischen 40 und	50 „
36 %	„ „	„ 50 „	60 „
52 %	„ „	von mehr als	60 mm.

[1]) Die Versuchsanstalt ist von der Bezeichnung „Steighöhe" abgegangen und hat an deren Stelle „Saughöhe" gesetzt, weil ihr diese Bezeichnung näher zu liegen scheint; das Wasser „steigt", aber das Löschpapier „saugt" und da es sich darum handelt, eine Eigenschaft des letzteren zu bestimmen, so liegt „Saughöhe" wohl näher als „Steighöhe".

Durchschnittlich zeigten also die englischen Löschpapiere eine höhere Saugfähigkeit als die deutschen; es ist indessen hierbei darauf hinzuweisen, daß das geprüfte englische Löschpapier nur den besten englischen Quellen entstammte, während bei dem deutschen nur einige deutsche Fabriken vertreten waren. Bei Prüfung der deutschen Muster ergab sich noch die merkwürdige Thatsache, daß die billigeren unscheinbaren Sorten die größte und die als besser und werthvoller bezeichneten Proben die geringste Saughöhe zeigten.

Auf Grund dieser Veröffentlichung gingen Herrn Winkler aus deutschen und österreichischen Fabriken Muster von Löschpapieren zu, die den englischen an Saugfähigkeit nichts nachgaben, sie theilweise sogar übertrafen; der bei der Prüfung dieser Sorten beobachtete höchste Werth für die Saughöhe gehörte nicht einem englischen sondern einem deutschen Papier an.

In Nr. 21 der Papierzeitung 1890 veröffentlicht Winkler dann eine weitere Reihe von Prüfungsergebnissen, welche er bei der Untersuchung von 28 Filtrirpapieren gewonnen hat. Die für die Saughöhe nach 10 Minuten ermittelten Werthe schwankten zwischen 38 und 96,8 mm; die Filtrirpapiere waren also theilweise erheblich saugfähiger als die früher geprüften deutschen und englischen Löschpapiere.

Die größte Saughöhe, welche Winkler bei Prüfung von Löschpapieren überhaupt fand, betrug 98 mm; bei guter Mittelwaare fand er ungefähr 50 mm, bei geringer Waare etwa 20 mm Saughöhe in 10 Minuten.

Angeregt durch Winklers Veröffentlichungen prüfte Prof. G. Lauboeck in Wien im Jahre 1891 eine Reihe österreichischer, deutscher und englischer Löschpapiere auf Saugfähigkeit; die Ergebnisse sind in dem Doppelheft 1/2 der „Mittheilungen aus dem K. K. Technologischen Gewerbe-Museum“ in Wien niedergelegt.

Bei der Besprechung der Prüfungsmittel weist Lauboeck darauf hin, daß eine Ermittelung der bei der Winklerschen Streifenprobe in einem bestimmten Zeitraum aufgesaugten Wassermenge ein besseres Merkmal zur Beurtheilung der Saugfähigkeit liegen würde, als in der Messung der Saughöhe. Wegen ihrer größeren Einfachheit (bei Bestimmung der aufgesaugten Wassermenge müßte auch die Dicke des Papiers in Betracht gezogen werden) zieht jedoch auch er die Bestimmung der Saughöhe vor. Er verwendet 15 mm breite Streifen, die von Metallklammern festgehalten und mittelst Oesen frei am Haken eines wagerechten Stabes aufgehängt werden.

Lauboeck fand bei seinen Versuchen, daß die Saughöhe eines Löschpapiers in der Maschinenrichtung größer ist als in der Querrichtung und erklärt dies aus den günstigeren Bedingungen, welche in der Maschinenrichtung die parallel gerichteten Fasern für das Aufsteigen des Wassers bieten.

Seinen Versuchen legte Lauboeck folgende, ihm von der Papierfabrik Schlöglmühl übergebenen Papiere zu Grunde

1. 7 Löschpapiere, erzeugt in der Papierfabrik Schlöglmühl,
2. 4 englische Löschpapiere,
3. 5 deutsche Löschpapiere.

Sämmtliche Papiere bestanden ausschließlich aus Baumwolle als Faserstoff, hatten aber theilweise einen sehr hohen Aschengehalt.

Die Saughöhen, welche Lauboeck ermittelte, bewegten sich zwischen 33 mm (österreichisches rosa Löschpapier) und 72,5 mm (englisches weißes Löschpapier). Es ergaben rund:

die österreichischen Papiere: 33, 40, 45, 52, 55, 58, 66 mm Saughöhe,
die englischen Papiere: 49, 72 und 72,5 mm Saughöhe und
die deutschen Papiere: 34, 34, 40, 42, 54 mm Saughöhe.

Das Gesammtergebniß fällt also zu Ungunsten der deutschen Papiere aus. Verfasser gesteht indessen selbst zu, daß dies von der Art der Probebeschaffung beeinflußt sei, da die deutschen und englischen Löschpapiere aus dem zufälligen Vorrath von Wiener Papierhandlungen ausgewählt wurden, während die österreichischen Muster sorgfältig für den Zweck der Prüfung hergestellt waren.

Verfasser theilt dann die Löschpapiere nach ihrer Saughöhe in 3 Klassen.

I. Geringe Waare: Saughöhe nach 10 Minuten 40 mm und darunter,
II. Mittelwaare: „ „ „ „ über 40 bis 60 mm,
III. Beste Waare: „ „ „ „ „ 60 mm.

Lauboeck spricht also damit u. A. aus, daß ein Löschpapier von über 60 mm Saughöhe hinsichtlich der Saugfähigkeit den Anforderungen entspricht, die man an ein gutes Löschpapier stellen kann; ich werde später hierauf zurückkommen.

Schließlich muß noch eine Reihe von Versuchen erwähnt merden, die Winkler im Jahre 1892 mit deutschen Löschpapieren ausführte und bei welchen er durchweg sehr hohe Saugfähigkeit ermittelte; es ergab

ein weißer Löschkarton eine Saughöhe = 78 mm
„ rosa „ „ „ = 75 „
„ chamois „ „ „ = 62 „
„ weißes Löschpapier „ „ = 81 „
„ rosa Kopirblätterkarton „ = 68 „

Diese Papiere sind also nach obiger Eintheilung sämmtlich als gut saugende Löschpapiere zu bezeichnen und übertreffen theilweise die besten oben angeführten englischen Marken.

Nunmehr mögen die Ergebnisse der in der Versuchsanstalt an Löschpapieren deutschen, französischen und englischen Ursprungs ausgeführten Saugfähigkeitsbestimmungen mitgetheilt werden. Die Versuche wurden ausgeführt mit 5 Streifen aus der Längsrichtung und 5 Streifen aus der Querrichtung des Papiers; die Breite der Streifen betrug 15 mm. Bei der Ablesung wurden Bruchtheile eines Millimeters nicht berücksichtigt.

Als Faserrohstoff wurde, wie aus den Tabellen S. 228 und 229 näher hervorgeht, mit zwei Ausnahmen (Nr. 4 und 8 in Tab. I) ausschließlich Baumwolle festgestellt, denn die bei den Papieren Nr. 5, 6, 7 u. 12 in Tab. I vorhandenen, zum Meliren des Papiers verwendeten rothen, gelben und blauen Wollfasern kann man wohl nicht als einen in Betracht zu ziehenden Faserbestandtheil ansehen; außerdem zeigen die Papiere fast durchweg einen ganz geringen Gehalt an Leinenfasern, den man indessen wohl nicht als einen beabsichtigten betrachten kann; beim Sortiren der Baumwolllumpen erscheint es unmöglich, jede Beimengung von Leinen zu vermeiden, sei es, daß halbleinene Lumpen mit unterlaufen, sei es, das Leinennäthe in einzelnen Baumwolllappen vorhanden sind, oder aus ähnlichen Gründen.

Am geringsten war der Leinengehalt bei dem Papier Nr. 9 der Tab. III S. 230, am größten, so daß man fast einen beabsichtigten Zusatz vermuthen konnte, bei Nr. 12 der Tab. I.

Durchweg waren die Fasern gut erhalten, was wohl auf eine kurze Mahldauer mit scharfen Messern schließen läßt.

Die Länge der Fasern, abgeschätzt im mikroskopischen Bilde, schwankte beträchtlich; neben sehr langen Fasern zeigten die meisten Papiere eine große Anzahl sehr kurzer Faserbruchstücke.

Tabelle I. Deutſche Löſchpapiere.

Lfd. Nr.	Bezeichnung des Papiers ſeitens des Antragſtellers	Farbe	Streifen-Nr.	Saughöhe nach 10 Minuten: Maſchinenrichtung mm	Querrichtung mm	Mittel mm	Gewicht des Quadratmeters g	Aſchengehalt %	Stoffgehalt
1	Rothes Löſchpapier	roth	1	38	37				
			2	39	39				
			3	38	37				
			4	40	37				
			5	39	37				
			Mittel	**39**	**37**	**38**	150	0,5	Baumwolle
2	Weißes Löſchpapier	weiß	1	66	57				
			2	61	58				
			3	61	58				
			4	61	58				
			5	59	58				
			Mittel	**62**	**58**	**60**	154	0,5	Baumwolle
3	Löſchpapier	weiß	1	65	69				
			2	73	63				
			3	70	71				
			4	75	63				
			5	69	65				
			Mittel	**70**	**66**	**68**	70	0,3	Baumwolle
4	Gewöhnliches Löſchpapier[1]	grauweiß	1	81	78				
			2	81	79				
			3	81	78				
			4	81	80				Baumwolle,
			5	82	80				geringe Mengen Leinen
			Mittel	**81**	**79**	**80**	94	1,0	
5	—	weiß, roth melirt	1	87	79				
			2	81	79				
			3	82	84				
			4	85	81				Baumwolle;
			5	85	82				rothe Faſern
			Mittel	**84**	**81**	**82,5**	160	15,5	Wolle
6	—	weiß, blau melirt	1	85	81				
			2	83	83				
			3	84	83				
			4	82	83				Baumwolle;
			5	82	82				blaue Faſern
			Mittel	**83**	**82**	**82,5**	144	15,3	Wolle
7	—	weiß	1	85	81				
			2	88	81				
			3	85	80				
			4	85	77				Baumwolle;
			5	81	80				blaue Faſern
			Mittel	**85**	**80**	**82,5**	382	10,0	Wolle
8	Woll-Löſchpapier[1]	gelblich	1	92	83				
			2	92	83				
			3	90	84				
			4	91	85				
			5	91	83				Baumwolle,
			Mittel	**91**	**84**	**87,5**	110	1,0	Wolle

[1] In der Verſuchsanſtalt in Gebrauch.

Lfd. Nr.	Bezeichnung des Papiers seitens des Antragstellers	Farbe	Streifen-Nr.	Saughöhe nach 10 Minuten: Maschinenrichtung mm	Saughöhe nach 10 Minuten: Querrichtung mm	Saughöhe nach 10 Minuten: Mittel mm	Gewicht des Quadratmeters g	Aschengehalt %	Stoffgehalt
9	—	weiß	1	93	93				
			2	91	96				
			3	95	94				
			4	95	92				
			5	92	90				
			Mittel	**93**	**93**	**93**	168	10,0	Baumwolle
10	Weißes Löschpapier	weiß	1	102	93				
			2	96	89				
			3	96	90				
			4	97	94				
			5	98	90				
			Mittel	**98**	**91**	**94**,5	129	0,5	Baumwolle
11	Rothes Löschpapier	roth	1	105	92				
			2	102	94				
			3	103	93				
			4	103	91				
			5	102	98				
			Mittel	**103**	**94**	**98**,5	125	0,5	Baumwolle
12	—	weiß, gelb und blau melirt	1	105	103				
			2	110	105				
			3	111	110				
			4	110	104				Baumwolle; gelbe u. blaue Fasern: Wolle
			5	102	103				
			Mittel	**108**	**105**	**106**,5	144	8,5	

Tabelle II. Französische Löschpapiere.

Lfd. Nr.	Bezeichnung des Papiers seitens des Antragstellers	Farbe	Streifen-Nr.	Saughöhe nach 10 Minuten: Maschinenrichtung mm	Saughöhe nach 10 Minuten: Querrichtung mm	Saughöhe nach 10 Minuten: Mittel mm	Gewicht des Quadratmeters g	Aschengehalt %	Stoffgehalt
1	Dickes weißes Löschpapier	weiß	1	87	81				
			2	84	76				
			3	84	77				
			4	86	78				
			5	87	79				
			Mittel	**86**	**78**	**82**	265	0,5	Baumwolle
2	Rothes Löschpapier	schwach rosa	1	92	86				
			2	90	83				
			3	92	89				
			4	90	81				
			5	91	86				
			Mittel	**91**	**85**	**88**	232	0,5	Baumwolle
3	Dünnes weißes Löschpapier	weiß	1	98	91				
			2	97	84				
			3	92	86				
			4	92	88				
			5	102	87				
			Mittel	**96**	**87**	**91**,5	63	0,5	Baumwoll-

Tabelle III. Engliſche Löſchpapiere.

Lfd. Nr.	Bezeichnung des Papiers ſeitens des Antragſtellers	Farbe	Streifen-Nr.	Saughöhe nach 10 Minuten: Maſchinenrichtung mm	Querrichtung mm	Mittel mm	Gewicht des Quadratmeters g	Aſchengehalt %	Stoffgehalt
1	Weißes engliſches Löſchpapier	weiß	1	59	53				
			2	61	56				
			3	60	55				
			4	60	54				
			5	56	54				
			Mittel	**59**	**54**	**56,5**	138	0,5	Baumwolle
2	Rothes engliſches Löſchpapier	roth	1	67	62				
			2	66	59				
			3	69	65				
			4	71	65				
			5	69	63				
			Mittel	**68**	**63**	**65,5**	139	0,5	Baumwolle
3	Weißes engliſches Löſchpapier	weiß	1	71	65				
			2	68	68				
			3	67	67				
			4	68	66				
			5	70	65				
			Mittel	**69**	**66**	**67,5**	147	0,8	Baumwolle
4	Weißes engliſches Löſchpapier	weiß	1	71	64				
			2	71	67				
			3	71	66				
			4	71	67				
			5	72	64				
			Mittel	**71**	**66**	**68,5**	139	0,3	Baumwolle
5	Weißes engliſches Löſchpapier	weiß	1	82	76				
			2	83	77				
			3	82	76				
			4	80	75				
			5	80	75				
			Mittel	**81**	**76**	**78,5**	141	1,5	Baumwolle
6	Weißes engliſches Löſchpapier	weiß	1	91	92				
			2	91	83				
			3	92	87				
			4	94	86				
			5	91	86				
			Mittel	**92**	**87**	**89,5**	137	0,3	Baumwolle
7	Weißes engliſches Löſchpapier	weiß	1	141	139				
			2	127	134				
			3	140	141				
			4	139	136				
			5	134	130				
			Mittel	**136**	**136**	**136**	131	0,5	Baumwolle
8	Weißes engliſches Löſchpapier	weiß	1	145	134				
			2	151	143				
			3	155	147				
			4	156	147				
			5	153	139				
			Mittel	**152**	**142**	**147**	139	0,5	Baumwolle
9	Weißes engliſches Löſchpapier	weiß	1	155	147				
			2	161	149				
			3	171	153				
			4	164	154				
			5	158	146				
			Mittel	**162**	**150**	**156**	150	0,3	Baumwolle

Bemerkenswerth ist noch der Umstand, daß die englischen Papiere Nr. 7, 8 und 9 in Tab. III, welche durch ihre außerordentliche Saugfähigkeit auffallen, sehr grobe Baumwolle enthalten, während die übrigen Sorten feinere Fasern zeigen. Vielleicht giebt dieser Befund einem oder dem anderen Löschpapierfabrikanten Veranlassung mit groben und feinen Baumwollsorten Parallelversuche anzustellen, um einen etwaigen Einfluß der Feinheit der Faser auf die Saugfähigkeit des aus ihr hergestellten Papiers zu ermitteln.

Wie die Tabellen I—III näher ergeben, sind bis auf 5 Papiere deutschen Ursprungs, welche aus einer Fabrik herrühren, sämmtliche Muster ohne Zusatz mineralischer Füllstoffe hergestellt. Die Bedeutung dieses Umstandes wird später bei Besprechung der Saugfähigkeit näher erörtert werden.

Hinsichtlich letzterer ergaben sich, wie die Tabellen I—III zeigen, für die verschiedenen Sorten Löschpapiere rund folgende Werthe:

I. Deutsche Löschpapiere: 38, 60, 68, 80, 83, 83, 83, 88, 93, 95, 99, 107 mm Saughöhe.
II. Französische „ 82, 88, 92 mm Saughöhe.
III. Englische „ 57, 66, 68, 69, 79, 90, 136, 147, 157 mm Saughöhe.

Die untersuchten deutschen und englischen Löschpapiere sind also mit je einer Ausnahme und die französischen Muster sämmtlich als gutsaugende Löschpapiere zu bezeichnen.

Den absolut höchsten Werth erreichte eine englische Probe mit 157 mm Saughöhe; sicher eine Leistung, der man seine Anerkennung nicht versagen kann, obwohl man ihr einen praktischen Werth kaum wird beimessen können. Denn wenn ein Löschpapier von 60 mm Saughöhe allen berechtigten Anforderungen hinsichtlich des Löschens entspricht, so erscheint das Streben nach einer erheblich höheren Saugfähigkeit, welches wohl in den meisten Fällen nothwendiger Weise eine Vertheuerung des Fabrikates zur Folge haben dürfte, kaum zweckmäßig.

Trotzdem also die englischen Muster 3 Werthe für die Saughöhe geliefert haben, welche bis jetzt wohl unerreicht dastehen, zeigen die ausgeführten Untersuchungen aufs Klarste, daß unsere deutschen Löschpapiere in ihrer Verwendbarkeit weder hinter den englischen, noch hinter den französischen, noch hinter den österreichischen Löschpapieren zurückstehen und daß man beim Beschaffen von gutem Löschpapier nicht nach ausländischer Waare zu greifen braucht.

Die von Laubœck hervorgehobene Thatsache, daß die Saugfähigkeit eines Löschpapiers in der Maschinenrichtung größer ist als in der Querrichtung, kommt im Großen und Ganzen auch in den hier mitgetheilten Ergebnissen zum Ausdruck. Ausnahmen bilden nur die Papiere I9 und III7, bei denen die Saugfähigkeit in beiden Richtungen als gleich groß ermittelt wurde.

Sehr bemerkenswerth ist die Thatsache, daß sich unter den deutschen Mustern Löschpapiere befinden, welche bei hervorragender Saughöhe einen ziemlich hohen Aschengehalt aufweisen; es sind also bei Herstellung dieser Papiere erhebliche Mengen Füllstoffe verwendet worden und trotzdem wurde eine außergewöhnlich hohe Saugfähigkeit erzielt; ja angesichts der hohen Werthe für die Saughöhe könnte man fast geneigt sein anzunehmen, daß letztere gerade durch das Hinzufügen von Füllstoffen erzielt worden sind.

In technischen Kreisen ist vielfach oder wohl durchweg die Ansicht vertreten, daß das Hinzufügen von mineralischen Füllstoffen die Saugfähigkeit des Löschpapiers erheblich beeinträchtigt. So findet sich z. B. in der Papierzeitung 1890 Nr. 95 Seite 2334 von einem ungenannten Verfasser folgende Bemerkung hierüber:

> „Die Wirksamkeit des Löschpapieres hängt in der Hauptsache davon ab, daß in dem Fasergewirre, welches wir Papier nennen, recht viele Hohlräume oder Haarröhrchen verbleiben, die kapillarisch wirken, d. h. von denen Flüssigkeit

eingesogen wird. Durch Beimengung mineralischer Füllstoffe werden diese Hohlräume und Haarröhrchen zum Theil ausgefüllt, und das Aufsaugen von Flüssigkeiten wird verhindert. Das beste Löschpapier, nämlich Büttenfiltrirpapier, ergiebt beim Verbrennen nur äußerst wenig Asche. Es ist aber höchster Unverstand, daß Fabrikanten solchen Papiers demselben mineralische Stoffe irgendwelcher Art zusetzen. Händler und andere Abnehmer sollten nach dieser Erfahrung beim Kauf von Löschpapier sich mindestens durch eine Verbrennungsprobe überzeugen, ob es diesen Namen verdient; besser wäre es, wenn sie auch eine Prüfung auf Saugfähigkeit machen ließen."

(Dem letzteren Wunsche wird man sich nur anschließen können, aber nicht ohne weiteres dem ersteren bezüglich der Veraschung; wie die vorstehenden Versuche gezeigt haben, giebt es Löschpapiere, welche trotz eines hohen Aschengehaltes eine vortreffliche Saugfähigkeit entwickeln; der Aschengehalt ist also für die Beurtheilung der Saugfähigkeit eines Löschpapiers nicht maßgebend.)

Auch Prof. Lauboeck ist der Ansicht, daß ein Zusatz mineralischer Füllstoffe die Saugfähigkeit eines Löschpapiers herabdrückt. In der oben erwähnten Arbeit des Herrn Verfassers heißt es Seite 36:

„Bekannt ist, daß die Güte eines Löschpapiers abhängt von dem Vorhandensein vieler hohler Räume, welche zwischen den einzelnen Fasern gebildet werden und in Folge dessen die Kapillaritätserscheinung eintritt. Daß das Aufsaugen einer Flüssigkeit wesentlich vermindert wird, wenn diese Hohlräume mit mineralischen Beimengungen erfüllt sind, ist naheliegend und deshalb muß jeder Zusatz von mineralischen Stoffen zu dem Löschpapier als völlig verwerflich bezeichnet werden. Gerade das „sich lappig anfühlende" englische Löschpapier ist deshalb in seiner Saugfähigkeit so vorzüglich, weil dasselbe nicht nur ohne mineralischen Zusatz gearbeitet wurde, sondern auch bei der Fabrikation ein Pressen des Papiers möglichst vermieden wird. Auch scheinen die englischen Fabriken einen stark abgelagerten Stoff zur Herstellung der Löschpapiere zu verwenden, und dürfte bei der Erzeugung ein bisher nicht allgemein bekannt gewordener Vortheil in der Herstellung solcher Papiere beobachtet werden, der vermuthlich auch in der Art der Trocknung des Papiers zu finden sein wird. Aus den Tabellen geht recht deutlich hervor, daß der Aschengehalt des Papiers von wesentlichem Einfluß auf die Saugfähigkeit der Löschpapiere ist."

Winkler hält diese Ansicht von dem schädlichen Einfluß mineralischer Füllstoffe auf die Saugfähigkeit eines Löschpapiers nur für bedingt richtig (Papier-Zeitung 1890 Nr. 103 Seite 2529); nach seiner Ansicht ist die Saugfähigkeit eines Löschpapiers weniger abhängig von der Abwesenheit aller Füllstoffe im Papier, als vielmehr von der sonstigen Behandlung und besonders vom Trocknen des Papiers unter Anwendung geeigneter Hülfsmittel, die das Papier „schwammig" machen. Winkler führt hierzu die folgenden Ergebnisse der Prüfung von zwei beschwerten und einem unbeschwerten Löschpapier an:

Papier Nr. 1 hat bei 52 mm Saughöhe einen Aschengehalt = 6,2 %
„ „ 2 „ „ 60 „ „ „ „ = 5,2 „
„ „ 3 „ „ 59 „ „ „ „ = 0,7 „

Hieraus zieht Winkler den Schluß, „daß ein mäßiger Füllstoffgehalt von geeigneter Beschaffenheit die Saugfähigkeit eines Papiers nicht beeinträchtigt".

Für diese allgemeine Fassung des Satzes scheint es mir zunächst noch an der nöthigen Grundlage zu fehlen; hierzu müßten noch beweiskräftigere Versuchsreihen ausgeführt werden, welche eine breitere Grundlage für die ausgesprochene Meinung abzugeben im Stande wären als die angeführten drei Werthe.

Auch aus den hier gewonnenen Versuchs-Ergebnissen (Tab. I Nr. 5, 6, 7, 9 und 12) kann man nur den Schluß ziehen, daß es möglich ist, auch bei Verwendung erheblicher Mengen Füllstoff Löschpapiere zu erzeugen, welche eine sehr große, allen berechtigten Anforderungen entsprechende Saugfähigkeit aufweisen.

Wollte man noch weitergehen und aussprechen, daß die Füllstoffe auf die Saugfähigkeit des Papiers keinen Einfluß ausüben, so müßte erst der Beweis geführt werden, daß die oben erwähnten Papiere ohne Hinzufügung der Füllstoffe keine höhere Saughöhe ergeben hätten. Die oben als Beispiel aus der Praxis und als Ansicht des Herrn Prof. Lauboek angeführte theorethische Schlußfolgerung, daß jeder Füllstoffzusatz unbedingt die Saugfähigkeit eines Papiers herabdrückt, kann man auch wohl nicht ohne weiteres als zutreffend anerkennen.

Die Saugfähigkeit eines Löschpapiers wird bedingt durch das Vorhandensein zahlreicher mit einander in Verbindung stehender kleiner Hohlräume, in welche Flüssigkeiten (hier vorwiegend Tinte) in Folge der Kapillarkraft mehr oder weniger schnell eindringen können. Die Hohlräume sind gegeben durch die zwischen den Fasern vorhandenen Zwischenräume sowie durch die Höhlungen und Poren der Faser selbst. Unterstützt wird diese kapillare Saugkraft durch die Aufnahmefähigkeit der Zellwand.

Bei der Bestimmung der Saughöhe wird nun das Wasser um so höher steigen, je kleiner die kapillaren Zwischenräume sind. Mit zunehmender Größe der Hohlräume wird die Gesammt-Saughöhe kleiner werden und bei einer bestimmten Größe der Räume wird die Schnelligkeit, mit der das Wasser aufsteigt, am größten sein. Diese Größe ist natürlich die für Löschzwecke günstigste.

Ist diese Größe nun beispielsweise bei irgend einem Papier vorhanden, so würde ein Zusatz von Füllstoffen die Zwischenräume verkleinern und die Schnelligkeit des Saugens nachtheilich beeinflussen; sind aber die Hohlräume größer als nöthig, so ist auch nicht ausgeschlossen, daß ein Zusatz von Füllstoffen durch Verkleinerung der Hohlräume und Hervorbringung zahlreicher neuer kleiner Räume im günstigen Sinne auf die Saugfähigkeit einwirkt.

Wollte man die Wirkung der Füllstoffe im Löschpapier mit Sicherheit ermitteln, dann müßte man in systematischer Weise fabriziren und zwar in der Weise, daß man während des Ausarbeitens einer bestimmten Menge Stoff, dem letzteren von Zeit zu Zeit Füllstoffe hinzufügt, während gleichzeitig alle übrigen Fabrikationsprocesse unverändert bleiben. Da ferner die Wirkung der Füllstoffe verschieden sein wird bei verschiedener Behandlung des Fasermaterials, so müßte man auch in systematischer Weise das Bearbeitungsverfahren wechseln und beispielsweise einmal lang, einmal kurz mahlen, die Sauger einmal stark, einmal schwach ziehen lassen, einmal stark pressen, einmal schwach, einmal schnell trocknen, einmal langsam ꝛc. ꝛc.

Auf diese Weise würde man voraussichtlich ein recht übersichtliches Bild über den Einfluß der Füllstoffe auf die Saugfähigkeit von Löschpapier erhalten. Daß man hierbei auch verschiedene Arten von Füllstoffen anzuwenden hätte, bedarf wohl keiner besonderen Erwähnung, denn deren Verhalten wird verschiedenartig sein, je nach ihrer Form und Größe.

Wie man im Allgemeinen den Füllstoffen beim Löschpapier einen schädigenden Einfluß zuschreibt, so auch den kurzen Fasern im Papier; auch diese sollen die saugenden Hohlräume

ausfüllen und so die Saugfähigkeit herabdrücken; dem Fabrikanten wird daher vielfach gerathen, dafür zu sorgen, daß die Fasern beim Mahlen möglichst gleiche Länge behalten.

Nachdem, wie oben gesehen, die Anschauung bezüglich des Einflusses kleiner, die Zwischenräume ausfüllender Körper, auf die Saugfähigkeit von Löschpapier mit Bezug auf die Füllstoffe kaum aufrecht zu erhalten sein dürfte, wird man sie mit Bezug auf die kurzen Fasern ebenfalls mit Vorsicht aufnehmen müssen. Thatsächlich zeigen denn auch verschiedene der hier untersuchten Löschpapiere und darunter gerade solche mit großer Saughöhe eine Fülle kurzer Faserbruchstücke.

Ein Theil der in Tab. III aufgeführten Papiere ist außer auf Saugfähigkeit im Auftrag des Antragstellers auch auf Festigkeit untersucht worden; obwohl die Festigkeit bei einem Löschpapier eine mehr untergeordnete Rolle spielt, so mögen die ermittelten Werthe doch hier um so mehr Platz finden, als meines Wissens Ergebnisse von Festigkeitsprüfungen an Löschpapieren bisher nicht veröffentlicht worden sind.

Aus jeder Richtung wurden wie üblich fünf Streifen von 180 mm Länge und 15 mm Breite zerrissen und zwar bei einer Luftfeuchtigkeit von 65% und einer von 20—22 C° schwankenden Zimmerwärme.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Papiere schwankte von 5,6 bis 6,3 %.

Papier Nr. [1])	Ergebnisse der Festigkeits-Untersuchungen						Saughöhe in mm
	parallel zum Maschinenlauf		senkrecht zum Maschinenlauf		Mittelwerthe		
	Reißlänge m	Dehnung %	Reißlänge m	Dehnung %	Reißlänge m	Dehnung %	
9	660	1,4	517	1,5	589	1,5	156
8	768	1,6	568	1,9	668	1,8	147
6	961	1,4	757	1,8	859	1,6	89,5
5	1 222	1,3	811	1,6	1 017	1,5	78,5
3	1 278	1,2	926	1,9	1 102	1,6	67,5
4	1 391	1,5	919	1,9	1 155	1,7	68,5

Es mag hier genügen, auf die eigenthümliche Erscheinung aufmerksam zu machen, daß bei den vorstehend aufgeführten sechs Papieren, welche nach dem Wasserzeichen zu urtheilen aus derselben Fabrik herrühren, die Saugfähigkeit mit zunehmender Festigkeit abnimmt; es wäre natürlich verfrüht, hieraus eine allgemeine Schlußfolgerung ziehen zu wollen; für eine solche müßte eine größere Anzahl nach einheitlichen Grundsätzen erzeugter Papiersorten untersucht werden.

Vielleicht könnte man diese Erscheinung erklärlich finden im Hinblick auf die wohl allgemein verbreitete Annahme, daß ein „Löschpapier recht locker und schwammig sein muß, um gut saugen zu können"; je lockerer und schwammiger nun ein Fabrikant fabrizirt, ein um so weniger festes Papier wird er erzeugen. Die in der Versuchsanstalt geprüften Löschpapiere zeigen nun aber, daß auch Löschpapiere, die man durchaus nicht als locker und schwammig bezeichnen kann, die sich im Gegentheil recht hart anfühlen, doch eine bedeutende Saugfähigkeit besitzen können. Um dies für den vorliegenden Fall zur Anschauung bringen zu können, wurden die untersuchten Papiere nach dem Gefühl beim Anfassen in drei Gruppen geordnet,

[1]) Die hier gegebenen Nummern entsprechen den laufenden Nummern in Tab. III.

in ſehr weiche (ſchwammige), weiche und harte; in jeder Gruppe ſind die Papiere gekennzeichnet durch die Angabe der Tabelle und der laufenden Nummer, unter der ſie vorher aufgeführt ſind; die in ( ) darunter geſetzte Zahl giebt die zugehörige Saughöhe an.

Gruppe I: Sehr weiche (ſchwammige) Papiere.

II 3	I 10	I 11	III 8	III 9
(91,5)	(94,5)	(98,5)	(147)	(156).

Gruppe II: weiche Papiere.

III 1	III 2	III 3	III 4	III 5	I 4	II 1	II 2	III 6	III 7
(56,5)	(65,5)	(67,5)	(68,5)	(78,5)	(80)	(82)	(88)	(89,5)	(136).

Gruppe III: harte Papiere.

I 1	I 2	I 3	I 5	I 6	I 7	I 8	I 9	I 12
(38)	(60)	(68)	(82,5)	(82,5)	(82,5)	(87,5)	(93)	(107).

Die Gegenüberſtellung zeigt allerdings die höchſten Werthe für die Saugfähigkeit bei den weichen und weichſten Papieren, indeſſen zeigen auch die harten Papiere faſt durchweg ſehr hohe Ziffern für die Saughöhe.

Die größten Gegenſätze waren zwiſchen dem ſehr weichen Papier I 11 und dem ſehr harten Papier I 5 zu beobachten, ohne daß der Unterſchied in der Saughöhe ein beſonders auffälliger wäre. Das erſtere mit einer Saughöhe von 98,5 mm fühlte ſich ſehr weich und ſammetartig an, während das letztere bei einer Saughöhe von 82,5 mm ſich faſt wie ein dünnes Holzbrett anfühlte; beide Muſter ſind deutſchen Urſprungs.

Im Uebrigen iſt es eigenthümlich, daß die deutſchen Papiere vorwiegend hart, die engliſchen und franzöſiſchen vorwiegend weich gearbeitet ſind.[1])

Nach Abſchluß vorſtehender Arbeit ging bei der Verſuchsanſtalt noch eine große Anzahl Löſchpapiere deutſchen, engliſchen, franzöſiſchen, ſchwediſchen und amerikaniſchen Urſprungs zur Prüfung auf die Saughöhe ein; über das Ergebniß dieſer Prüfungen wird in einem der nächſten Hefte der „Mittheilungen“ berichtet werden.

[1]) Augenblicklich fehlt es an Zeit, um noch weitere in Ausſicht genommene wiſſenſchaftliche Verſuchsreihen mit Löſchpapieren auszuführen; es harrt auf dieſem Gebiet noch eine ganze Reihe höchſt intereſſanter Fragen ihrer Löſung und die Verſuchsanſtalt wird ſich dieſen Unterſuchungen zuwenden, ſobald ſich Gelegenheit hierzu bietet.

4. Ergebnisse der Untersuchungen von künstlichen Steinen.

Von H. Burchartz, Assistent der Königlichen Prüfungsstation für Baumaterialien.

Auf Grund vielseitiger Anfragen hat sich das Bedürfniß herausgestellt, die Ergebnisse der in der Prüfungsstation ausgeführten Untersuchungen namentlich von künstlichen Materialien, die eine Veränderung hinsichtlich ihrer Qualität in Folge der Fabrikationsweise erfahren können, öfters als bisher in vergleichbarer Form zusammenzustellen, da es den Fabrikanten wie Konsumenten, welche Prüfungen künstlicher Erzeugnisse vornehmen lassen, darauf ankommt, die in den Handel gebrachten Materialien, sowie den Stand der Produktion bezw. die Güte der Fabrikate kennen zu lernen.

Während auf diese Weise die Producenten in der Lage sind, die eigenen Erzeugnisse mit denen anderer in Vergleich zu stellen, gewinnen sie gleichzeitig ein Urtheil darüber, ob eine Verbesserung ihrer Fabrikationsweise nothwendig ist oder nicht.

Im Anschlusse an die in Heft 4/5, Jahrgang 1891 dieser Zeitschrift S. 151—239 veröffentlichten Ergebnisse der Prüfungen von künstlichen Steinen seien daher in nachstehenden Tabellen die Ergebnisse mehr oder weniger umfangreicher Untersuchungen von verschiedenen künstlichen Materialien, vorzugsweise Ziegelsteinen, die in den Betriebsjahren 1891/92 bis 1893/94 zur Ausführung gelangten, zusammengestellt.

In den Tabellen bezeichnen die fettgedruckten Zahlen die mittlere Druck- oder Biegungsfestigkeit in Kilogramm für das Quadratcentimeter aus je einer Reihe von durchschnittlich zehn Versuchen, die über oder unter diesen stehenden Zahlen die in der betreffenden Reihe ermittelte Maximal- beziehungsweise Minimalfestigkeit des Materials. Die Tabellen sind nach folgendem Schema geordnet:

A. Ziegelsteine.

I. α. Vollsteine.
   a) Mit einer Druckfestigkeit von mehr als 400 kg/qcm,
   b) „ „ „ zwischen 400 und 250 kg/qcm,
   c) „ „ „ unter 250 kg/qcm.

I. β. Poröse Vollsteine.

II. α. Hohlsteine.
   a) Mit Langlöchern,
   b) „ Querlöchern.

II. β. Poröse Hohlsteine.

III. Lochsteine mit vertikalen Löchern.

IV. Dachziegel.

B. Fußboden- und Wandplatten verschiedener Art.

C. Verschiedene künstliche Materialien.

Die einzelnen Klassen der Ziegelsteine sind eingetheilt nach ganzen, dreiviertel, halben und einviertel Steinen.

Gleichzeitig wird an dieser Stelle auf das in oben genanntem Heft Seite 152—153 über die Art und Weise einzelner Versuchsausführungen Gesagte verwiesen.

Die Ziegel-Untersuchungen erstreckten sich meist auf $^4/_4$-Voll-, Hohl- und Lochsteine, $^2/_4$ und $^1/_4$ Hohlsteine, in nur drei Fällen auf $^3/_4$ Vollsteine, während $^2/_4$ und $^1/_4$ Vollsteine überhaupt nicht zur Prüfung eingeschickt wurden.

Was die Festigkeit der in den letzten Jahren geprüften Ziegel betrifft, so läßt die verhältnißmäßig hohe Anzahl der hoch- und mittelklassigen Steinsorten darauf schließen, daß eine Steigerung der Festigkeit im Vergleich zu derjenigen von Steinen aus früheren Jahrgängen eingetreten ist. Auch hinsichtlich der Wetterbeständigkeit haben die Ziegel im Allgemeinen eine Besserung erfahren; denn nur in geringen Fällen kamen Ziegel mit hohem Gehalt an löslichen Salzen vor. Im Einklange hiermit stehen die Ergebnisse der Untersuchungen der zur Prüfung miteingereichten Rohmaterialien bezw. ungebrannten Steine; diese ergaben nur selten bemerkenswerthe Beträge schädlicher Beimengungen (kohlensauren Kalk, Schwefelkies ꝛc.). Dagegen konnten in allerdings vereinzelten Fällen, obgleich der Gehalt an schwefelsauren Salzen nur gering war, die Versuche auf Wetterbeständigkeit deswegen nicht mehr als bestanden bezeichnet werden, weil die Steine kohlensauren Kalk in schädlichen Mengen und zwar in Form von kleinen bis erbsengroßen Stückchen enthielten.

Häufiger als in früheren Jahren wurden Ziegel auf ihre Abnutzbarkeit geprüft und auch hierbei durchschnittlich günstigere Ergebnisse erzielt, ein Beweis dafür, daß mehr Werth auf die Herstellung eines besseren Fabrikates gelegt wurde, welches gleichzeitig durch Dichte und Gleichmäßigkeit des Gefüges sich auszeichnete.

In ausführlicher Form wurden fast sämmtliche zur Untersuchung eingereichten Dachziegelsorten geprüft, die Dachsteine waren meist Falzziegel mit verschiedenartigem Querschnitt.

Die unter der Ueberschrift „Fußboden-, Trottoir- und Wandplatten" der nachstehenden Tabelle veröffentlichten Untersuchungen beziehen sich hauptsächlich auf Materialien, die zu Fußbodenbelag, bezw. Pflasterungszwecken Verwendung finden. Durchschnittlich weichen die für sie ermittelten Ergebnisse wenig von denjenigen früherer Untersuchungen ab, welcher Umstand darauf schließen läßt, daß die Fabrikation auf diesem Gebiet einen gewissen Höhepunkt erreicht hat. Als Pflasterungsmaterial sind auch die zur Untersuchung gestellten Cementplatten zu bezeichnen, welche auf Abnutzbarkeit geprüft wurden; sie scheinen in letzter Zeit vielfach in Gebrauch zu kommen. Wie aus den hierauf bezüglichen Ergebnissen hervorgeht, lassen sich Cemente zur Herstellung der fraglichen Materialien mit Erfolg verwenden, welche Thatsache nicht wenig zur Hebung namentlich der Portland-Cement-Industrie beitragen dürfte.

In der mit der Bezeichnung „Verschiedenes" versehenen nachstehenden Tabelle sind schließlich die Ergebnisse der Untersuchungen solcher Materialien enthalten, welche sich mit Rücksicht auf ihre Zusammensetzung in die übrigen nicht einreihen ließen.

In der Hauptsache sind es auf künstlichem Wege, nicht durch Brennen erzeugte Materialien, wie: künstliche Sandsteine, Schlackensteine, Betonproben u. dergl., deren Untersuchung je nach ihrem Verwendungszweck in mannigfacher Hinsicht erfolgte. Behufs Erzielung eines besseren Vergleichs sind die Materialien verwandter Art, bei denen die Zeit der Erhärtung von Einfluß auf die Festigkeit sein konnte, möglichst bei gleichem Alter geprüft worden.

Schlackensteinsorten gelangten in geringerer Zahl zur Prüfung als in den Vorjahren, anscheinend ein Zeichen dafür, daß deren Verwendung in der Praxis eine Beschränkung erfahren hat. Dagegen sind Kunststeine bezw. Kunstsandsteine, sowie Betonproben verhältnißmäßig häufig vertreten.

Ergebnisse der Untersuchungen von künstlichen Steinen

1.	2.	3.	4.				5.	6.
			Abmessungen				Druck-	
Laufende Nr.	Fabrikationsort resp. Ziegelei	Farbe	Länge	Breite	Höhe	gedrückte Fläche	lufttrocken	wassersatt
			cm			qcm	kg/qcm	

A. Ziegel-

I. α. Voll-

a) Mit einer Druckfestigkeit von

1	Ziegelsteine. Antr.: Kais. Kanal-Kommission, Abtheilungs-Baumeister 3 des Bauamts II in Grünenthal	gelb	23,5	11	6	258,5 / 2	902,9 770 673,9	
2	Ziegelsteine ohne Angabe über den Ursprung. Antr.: Großherzogliche Baubehörde für die Zellenstrafanstalt Butzbach zu Butzbach in Hessen	dunkelroth und roth	24 24,5	11,5 12	6 6	276 294	849,6 602 331,0	
3	Mauersteine; Journ.-Nr. 9591—9596	weißlichgelb	25	12	6,5	300	601,3 508 374,9	556,8 468 367,5
4	Säulensteine aus der Fabrik von Biemwald & Rother in Liegnitz. Antr.: Kgl. Baurath A. Orth zu Berlin	lederfarben	profilirt				419,3 407 387,8	
5	Steine; Journ.-Nr. 9672—9677	braunroth	24	11,5	6,5	276	552,9 441 322,9	565,5 442 326,9
6 [1]	Mauersteine aus der Dampfziegelei Rudersdorf bei Wittenberg (Bez. Halle), dem Rittergutsbesitzer Benno Roebbelen zu Rudersdorf gehörig	gelb	25	12	6,5	300	539,1 431 355,8	528,3 420 352,2
7 [2]	Ziegelsteine aus der Fabrik zu Hellern von G. O. Kramer & Co. zu Osnabrück	braunroth	24,5	12	6,5	294	696,7 566 440,2	660,2 561 432,8
8 [3]	Dunkle Verblendklinker; Journ.-Nr. 9734—9747	hellbraun	25	12,5	6,5	312,5	676,2 607 510,6	683,1 598 507,2
9	Hintermauerungsklinker aus der Ziegelei zu Clausdorf von W. Maaß & R. Faßkessel zu Berlin	gelb	24	11	6	264	506,4 417 337,6	
10	Torgauer Verblendsteine. Antr.: R. Schneider zu Berlin	dunkelroth	25	12	6,5	300	485,2 428 316,3	521,1 409 316,3

[1] Abnutzung für den Versuch I: [illegible] = [illegible] g = $\frac{99.2}{1.969}$ ccm = 45,3 ccm

" " " II: [illegible] = [illegible] g = $\frac{95.4}{1.969}$ ccm = 48,9 ccm.

Druckfestigkeit (nach der Beanspruchung durch Feuer)

I	II
Langsam an der Luft abgekühlt	Plötzlich im Wasser abgekühlt
[illegible]	[illegible]
413	[illegible]
[illegible]	[illegible]

Biegungsfestigkeit:

Wasserfarbe Proben		Frost an der Luft		Frost unter Wasser	
P	$K = \frac{Pl}{4W}$	P	$K = \frac{Pl}{4W}$	P	$K = \frac{Pl}{4W}$
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	69	[illegible]	69
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

[2] Abnutzung für den Versuch I: [illegible] g = $\frac{[illegible]}{[illegible]}$ ccm = 12,0 ccm

II: [illegible] g = $\frac{[illegible]}{[illegible]}$ ccm = 12,5 ccm.

in den Betriebsjahren 1891/92—1893/94.

7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
festigkeit		Biegungsfestigkeit									
ausgefroren			lufttrocken								
an der Luft	unter Wasser	freie Länge l in cm $W=\frac{b\,.\,h^2}{6}$	Belastung P in der Mitte	$K=\frac{P\,.\,l}{4\,.\,W}$	Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohsschen Skala	Wasseraufnahme in 12 Std.	Wasseraufnahme in 125 Std. (satt)	Wetterbeständigkeit, lösliche Salze	Journ.-Nr.
kg/qcm			kg	kg/qcm	kg			%	%	%	
steine.											
steine.											
mehr als 400 kg/qcm. 4/4 Steine.											
					3,280						9533
					3,366						9541
612,5	556,8				3,470	1,634	6	14,8	15,5	0,120	9591
465	**461**										9596
382,3	334,1										
					6,614						9663
605,4	488,4				3,330	1,956	6	8,0	8,4	0,076	9672
437	**428**										9677
343,1	367,3										
503,2	463,6	$l=20$	1509,2	89,3	3,920	1,969	8	4,9	5,4	0,140	9697
417	**412**	$W=\frac{12\,.\,(6,5)^2}{6}=84,50$	**1298,6**	**77**							9709
345,0	359,4		1024,1	60,6							
700,6	693,3				3,909	2,166	8	4,4	5,2	0,128	9726
558	**544**										9733
403,5	366,8										
672,8	672,8	$l=20$	2156,0	122,5	4,374	2,037	8	3,7	4,1	0,008	9734
579	**585**	$W=\frac{12,5\,.\,(6,5)^2}{6}=88$	**1784**	**101**							9747
465,7	462,3		1455,3	82,7							
					3,109						9749
488,8	431,3				3,924	2,014	8	7,1	7,6	0,012	9758
407	**392**										9764
291,1	359,4										

*) **Abnutzung:** für den Versuch I: $13,5 + 19,8 + 16,2 + 20,2 = 69,7\,g = \frac{69,7}{2,037}$ ccm = 34,2 ccm

„ „ „ II: $22,8 + 21,2 + 17,0 + 18,2 = 79,2\,g = \frac{79,2}{2,037}$ ccm = 38,9 ccm.

Druckfestigkeit (nach der Beanspruchung durch Feuer):

I. Langsam an der Luft abgekühlt	II. Plötzlich im Wasser abgekühlt
607,2	610,6
578	**562**
541,6 kg/qcm	476,1 kg/qcm.

Biegungsfestigkeit:

Wassersatte Proben		Frost an der Luft		Frost unter Wasser	
P	$K=\frac{Pl}{4W}$	P	$K=\frac{Pl}{4W}$	P	$K=\frac{Pl}{4W}$
2102,1	119,4	2048,2	116,4	1994,3	113,3
1763	**100**	**1714**	**97**	**1680**	**95**
1455,3	82,7	1401,4	79,0	1374,4	78,1

1.	2.	3.	4.				5.	6.
			Abmessungen				Druck-	
Laufende Nr.	Fabrikationsort resp. Ziegelei	Farbe	Länge	Breite	Höhe	gedrückte Fläche	lufttrocken	wassersatt
			cm			qcm	kg/qcm	
11	Ziegelsteine; Journ.-Nr. 9908	gelblichroth	24	11,5	6,5	276	605,4 **547** 403,6	
12[1])	Vollstein-Klinker; Ursprungsangabe nicht gestattet	gelblichröthlich	25	11,5	6,5	287,5	479,2 **429** 355,7	561,6 **424** 359,4
13[2])	Trocken gepreßte Klinker; Journ.-Nr. 10019—10028	gelb	24,5	11,5	6	281,75	707,4 **606** 478,0	650,1 **556** 451,2
14[3])	Ziegel aus dem Suceaser Dampf-Thon-Werk von F. Moebus zu Sucease bei Lenzen	gelblichroth	24,5	11,5	6,5	281,75	772,4 **676** 504,8	768,6 **669** 497,1
15	Ziegelsteine; Journ.-Nr. 10055	roth	24,5	11,5	6,3	281,75	699,9 **618** 527,7	
16	Hartbrand-Preßsteine aus der Marienburger Ziegelei Thonwaarenfabrik (Aktien-Gesellschaft) bei Marienburg in Westpr.	dunkelroth	24	11,5	6,5	276	574,5 **474** 371,3	
17	Verblendsteine aus der Gassener Dampfziegelei und Thonwaarenfabrik R. Balack & Wirsich zu Sommerfeld	gelb	25	11,5	6,5	287,5	644,0 **591** 561,6	681,4 **546** 441,8
18	Klinker aus der Gassener Dampfziegelei und Thonwaarenfabrik R. Balack & Wirsich zu Sommerfeld	grau	25	11,5	6,5	287,5	550,4 **476** 378,1	512,9 **472** 385,6
19	Klinker der Firma R. Spitta aus der Rittergutsziegelei Streganz bei Prieros	graubraun	23,5	11	6	258,5	550,7 **416** 262,8	542,4 **394** 242,0
20	Maschinen-Ziegel aus der Ziegelei von C. Schmidt zu Lenzen bei Elbing	röthlichgelb	24	11,5	6,5	276	601,7 **491** 320,5	

[1]) Abnutzung: für den Versuch I: $21{,}1 + 16{,}9 + 16{,}8 + 22{,}0 = 76{,}8$ g $= \frac{76{,}8}{1{,}765}$ ccm $= 43{,}5$ ccm

„ „ „ II: $7{,}0 + 19{,}4 + 11{,}0 + 10{,}4 = 47{,}8$ g $= \frac{47{,}8}{1{,}765}$ ccm $= 27{,}1$ ccm.

[2]) Abnutzung: für den Versuch I: $10{,}5 + 12{,}0 + 12{,}6 + 12{,}0 = 47{,}1$ g $= \frac{47{,}1}{1{,}955}$ ccm $= 24{,}1$ ccm

„ „ „ II: $17{,}4 + 19{,}0 + 18{,}0 + 19{,}3 = 73{,}7$ g $= \frac{73{,}7}{1{,}955}$ ccm $= 37{,}7$ ccm.

Die an den Ziegeln befindlichen Vertiefungen zur Mörtelaufnahme wurden bei sämmtlichen zu den Druckversuchen benutzten Ziegeln drei Tage vor der Prüfung mit Cement ausgefüllt.

7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
festigkeit		Biegungsfestigkeit						Wasseraufnahme			
ausgefroren			lufttrocken								
an der Luft	unter Wasser	freie Länge l in cm $W=\frac{b\,.\,h^2}{6}$	Belastung P in der Mitte	$K=\frac{P\,.\,l}{4\,.\,W}$	Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohsschen Skala rigt zuerst	in 12 Std.	in 125 Std. (satt)	Wetterbeständigkeit, lösliche Salze	Journ.-Nr.
kg/qcm			kg	kg/qcm	kg			%	%	%	
					3,408						9908
524,2	524,2				3,209	1,765	5	13,4	14,0	0,188	9992
420	**400**										9999
355,7	355,7										
688,3	726,6	$l=20$	1940,4	140,6	3,054	1,955	7	10,1	12,1	0,528	10017
572	**575**	$W=\frac{11,5\,.\,6^2}{6}=69,0$	**1649**	**120**							10028
500,9	508,6		1347,5	97,6							
795,4	764,8				3,690	1,995	6	5,5	6,1	0,136	10030
662	**607**										10037
458,9	504,8										
					3,454						10055
					3,570						10109
			[1]) Druckfestigkeit nach der Beanspruchung durch Feuer: langsam abgekühlt / plötzlich abgekühlt								
606,5	626,9		625,2	561,6	3,765	1,949	7	6,5	6,8	0,016	10164
545	**523**		**522**	**482**							10172
441,8	468,0		479,2	385,6							
			[1]) Druckfestigkeit nach der Beanspruchung durch Feuer: langsam abgekühlt / plötzlich abgekühlt								
565,3	535,4		599,0	475,5	3,850	2,038	8	5,6	5,9	0,012	10173
465	**456**		**552**	**437**							10181
374,3	344,4		445,5	400,6							
			[1]) Druckfestigkeit nach der Beanspruchung durch Feuer: langsam abgekühlt / plötzlich abgekühlt								
433,9	596,6		417,2	417,2	3,065	1,957	7	4,8	5,3	0,060	10203
366	**380**		**389**	**365**							10211
304,6	250,3		325,4	304,6							
					3,435						10215

[2]) **Biegungsfestigkeit:**

Wassersatte Proben		Frost an der Luft		Frost unter Wasser	
P	$K=\frac{Pl}{4W}$	P	$K=\frac{Pl}{4W}$	P	$K=\frac{Pl}{4W}$
1724,8	125,0	1751,7	126,9	1670,9	121,1
1579	**114**	**1560**	**113**	**1469**	**106**
1401,4	101,6	1374,5	99,6	1293,6	93,8

[3]) **Abnutzung:** für den Versuch I: $21,7 + 21,3 + 18,5 + 19,4 = 80,9\text{ g} = \frac{80,9}{1,955}\text{ ccm} = 40,6\text{ ccm}$

„ „ „ II: $23,7 + 22,3 + 23,7 + 13,3 = 83,0\text{ g} = \frac{83,0}{1,995}\text{ ccm} = 41,6\text{ ccm}$.

[1]) **Die 10 für die Beanspruchung durch Feuer bestimmten Ziegel wurden 1) in einem Trockenofen eine Stunde vorgewärmt, 2) durch Steinkohlenfeuer drei Stunden auf Dunkelroth-Glühhitze erhalten und hierauf 5 von ihnen an der Luft langsam abgekühlt, die übrigen durch Einsenkung in Wasser plötzlich abgekühlt.**

1.	2.	3.	4.				5.	6.
			Abmessungen				Druck-	
Laufende Nr.	Fabrikationsort resp. Ziegelei	Farbe	Länge	Breite	Höhe	gedrückte Fläche	lufttrocken	wassersatt
			cm			qcm	kg/qcm	
21 [1])	Mauersteine aus der in der Grönäer Feldmark belegenen Dampf-Ziegelei von O. Petzold zu Bernburg	braunroth	25	12	6,5	300	503,2 **432** 391,7	455,7 **365** 316,3
22	Maschinen-Ziegel aus der Ziegelei von C. Schmidt zu Lenzen bei Elbing	röthlich-gelb	24,5	11,5	6,5	281,75	— 	634,8 **490** 305,9
23	Mauersteine aus der Ziegelei von G. Dittrich & L. Neumann zu Unterwiederstedt bei Sandersleben	blaßroth	24,5	11,5	6,5	281,75	680,7 **551** 474,2	718,9 **542** 458,9
24 [3])	Mauer-(Hochbau-)Steine desgl.	blaßroth	24,5	11,5	6,5	—	—	—
25 [4])	Ringofen-Maschinensteine aus der Dampfziegelei in Lottringhausen von H. Maiweg zu Annen	braun	25	12	6,5	300	704,3 **582** 431,3	643,2 **529** 438,5
26	Verblendklinker des Dampfziegelwerks Friedrichsstadt von H. Pauckſch zu Landsberg a./W.	gelb	25	12	6,5	300	535,5 **437** 366,6	578,1 **406** 276,7
27	Klinkersteine von den Rösrather Thonwerken, Benfey & Co. zu Rösrath bei Köln a./Rh.	dunkelroth	24,5	11,5	7	281,75	719,9 **553** 380,5	613,6 **490** 330,8
28 [5])	Ziegelsteine (hart-gebrannt) aus der Thonwaarenfabrik Steutz i. Anh. von W. Golbach zu Roßlau (Anhalt)	dunkelgelb	24	11,5	6,5	276	666,2 **504** 384,9	566,7 **451** 332,2
29 [6])	Ziegelsteine aus der in Burscheid gelegenen Dampfziegelei von W. Eckardt zu Köln-Lindenthal	rothbraun	25	12	6,5	300	680,1 **616** 515,7	680,1 **597** 506,8
30	Klinkersteine. Antr.: Kais. Fortifikation zu Wilhelmshaven	braun	23	11	5	253	748,9 **547** 371,3	

[1]) Abnutzung: für den Versuch I: 16,5 + 16,8 + 21,0 + 17,2 = 71,5 g = $\frac{71,5}{1,970}$ ccm = 36,3 ccm

„ „ „ II: 23,1 + 17,7 + 15,1 + 13,7 = 69,6 g = $\frac{69,6}{1,970}$ ccm = 53,3 ccm.

Die an den Ziegeln befindlichen Vertiefungen zur Mörtelaufnahme wurden bei sämmtlichen zu den Druckversuchen benutzten Ziegeln drei Tage vor der Prüfung mit Cement ausgefüllt.

Biegungsfestigkeit:

	P	K		P	K		P	K
wassersatt	916,3 kg	83,9 kg/qcm	ausgefroren an der Luft	1185,8 kg	108,5 kg/qcm	ausgefroren unter Wasser	1024,1 kg	93,7 kg/qcm
	862,4 „	79 „		892,0 „	82 „		873,2 „	80 „
	808,5 „	74,0 „		565,9 „	51,8 „		754,6 „	69,1 „

Druckfestigkeit (nach der Beanspruchung durch Feuer):

langsam an der Luft abgekühlt	330,6 kg/qcm	plötzlich durch Einsenkung in Wasser abgekühlt	341,4 kg/qcm
	293 „		305 „
	266,0 „		222,8 „

[2]) Die 10 für die Beanspruchung durch Feuer bestimmten Ziegel wurden 1) in einem Trockenofen eine Stunde vorgewärmt, 2) durch Steinkohlenfeuer drei Stunden auf Dunkelroth-Glühhitze erhalten und hierauf 5 von ihnen an der Luft langsam abgekühlt, die übrigen durch Einsenkung in Wasser plötzlich abgekühlt.

[3]) Biegungsfestigkeit:

	P	K		P	K		P	K
wassersatt	1832,6 kg	113,1 kg/qcm	ausgefroren an der Luft	1778,7 kg	109,8 kg/qcm	ausgefroren unter Wasser	1778,7 kg	109,8 kg/qcm
	1617 „	100 „		1455 „	90 „		1369 „	85 „
	1347,5 „	83,2 „		1078,0 „	66,5 „		1024,1 „	63,2 „

[4]) Abnutzung: für den Versuch I: 13,6 + 15,5 + 11,4 + 11,7 = 52,2 g = $\frac{52,2}{2,027}$ ccm = 25,8 ccm

„ „ „ II: 15,8 + 12,4 + 11,0 + 11,9 = 51,1 g = $\frac{51,1}{2,027}$ ccm = 25,2 ccm.

7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
festigkeit		Biegungsfestigkeit						Wasseraufnahme			
ausgefroren			lufttrocken								
an der Luft	unter Wasser	freie Länge l in cm $W=\frac{b\cdot h^2}{6}$	Belastung P in der Mitte	$K=\frac{P\cdot l}{4\cdot W}$	Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohs'schen Skala zuerst ritzt	in 12 Std.	in 125 Std. (satt)	Wetterbeständigkeit, lösliche Salze	Journ.-Nr.
kg/qcm			kg	kg/qcm	kg			%	%	%	
539,1	539,1	l = 20	1455,3	133,2	3,655	1,970	6	12,9	13,7	0,420	10217
419	**398**	W = 54,64	**1102**	**101**							10230
312,7	327,1		808,5	74,0							
543,0	569,8				wassersatt	1,931	6	6,9	7,7	0,148	10291
465	**449**				3,670						10296
367,1	382,4										
			[1]) Druckfestigk. nach der Beanspr. durch Feuer								
			langsam abgekühlt	plötzlich abgekühlt							
592,7	566,0		573,6	527,7	3,645	1,953	6	8,1	9,2	0,388	10334
538	**499**		**463**	**438**							10342
401,5	386,2		305,9	355,6							
—	—	$l=20\ W=\frac{11,5\cdot 6,5^2}{6}=\frac{485,875}{6}$	1940,4	121,0	3,664						10343
			1612	**100**							10346
			1455,3	89,8							
499,6	636,1				4,010	2,027	9	4,8	5,3	0,060	10417
440	**469**										10424
355,8	363,0										
535,5	517,5				3,765	1,900	7	9,2	9,8	0,188	10465
435	**435**										10471
352,2	388,2										
647,6	601,2				4,230	2,168	8	4,6	5,1	0,016	10646
527	**505**										10652
395,8	332,7										
588,1	664,2	l = 20	2317,7	143,0	3,550	2,132	9	1,1	2,1	0,076	10763
447	**511**	$W=\frac{11,5\cdot(6,5)^2}{6}=80,98$	**1865**	**115**							10774
308,7	334,1		1563,1	96,4							
666,7	674,9	l = 20	2209,9	130,8	4,145	2,223	9	4,3	5,2	0,060	10810
606	**553**	$W=\frac{12\cdot(6,5)^2}{6}=84,50$	**1852**	**110**							10823
494,2	440,3		1670,9	98,9							
					2,528						10851

[1]) Abnutzung: für den Versuch I: 6,2 + 6,2 + 6,4 + 7,0 = 25,8 g = $\frac{25,8}{2,132}$ ccm = 12,1 ccm

„ „ „ II: 7,1 + 7,7 + 8,2 + 7,5 = 30,5 g = $\frac{30,5}{2,132}$ ccm = 14,3 ccm.

Biegungsfestigkeit:

	P	K		P	K		P	K
wassersatt	2425,5 kg	149,7 kg/qcm	ausgefroren an der Luft	2048,2 kg	126,4 kg/qcm	ausgefroren unter Wasser	2695,0 kg	166,3 kg/qcm
	1595 „	**98** „		**1682** „	**104** „		**1800** „	**111** „
	1239,7 „	76,5 „		1401,4 „	86,5 „		1078,0 „	66,5 „

[2]) Abnutzung: für den Versuch I: 10,3 + 6,0 + 8,2 + 6,3 = 30,8 g = $\frac{30,8}{2,223}$ ccm = 13,9 ccm

„ „ „ II: 9,0 + 10,5 + 6,2 + 8,2 = 33,9 g = $\frac{33,9}{2,223}$ ccm = 15,2 ccm.

Biegungsfestigkeit:

Wassersatte Proben:		Frost an der Luft:		Frost unter Wasser:	
P	K	P	K	P	K
1778,7	105,2	2263,8	134,0	1886,5	111,6
1595	**94**	**1662**	**98**	**1563**	**92**
1428,4	84,5	1401,4	82,9	1131,9	67,0

Druckfestigkeit (nach der Beanspruchung durch Feuer): 10 Stück Ziegelsteine wurden 1) in einem Trockenofen eine Stunde vorgewärmt, 2) drei Stunden durch Steinkohlenfeuer auf Hellroth-Glühhitze erhalten und hierauf 5 von ihnen an der Luft langsam abgekühlt, die übrigen durch Einsenkung in Wasser plötzlich abgekühlt.

a) An der Luft abgekühlt:	b) Plötzlich im Wasser abgekühlt:
663,3 kg/qcm	539,1 kg/qcm
535 „	**458** „
469,0 „	377,4 „

1.	2.	3.	4.				5.	6.
			Abmessungen				Druck-	
Laufende Nr.	Fabrikationsort resp. Ziegelei	Farbe	Länge	Breite	Höhe	gedrückte Fläche	lufttrocken	wassersatt
			cm			qcm	kg/qcm	
31	Mauersteine aus der eigenen Dampfziegelei. Antr.: Nienburger chemische Fabrik zu Nienburg a. d. Weser	dunkelroth	25	11,5	6,5	287,5	690,0 **498** 381,9	653,1 **507** 333,2
32 [1]	Ziegelsteine; Journ.-Nr. 10903—10911	dunkelroth	24,5	11,5	6,5	281,75	717,1 **564** 399,6	577,6 **484** 392,0
33	Mauersteine; Journ.-Nr. 10914—10919	blaßroth	25	12	6,75	300	593,0 **482** 372,0	549,9 **440** 337,8
34	Hartbrand-Mauerziegel. Antr.: Kaiserl. Fortifikation Wilhelmshaven	braunroth	22,5	11	5,5	247,5	862,1 **550** 285,2	
35 [2]	Trockenpressensteine aus der Dampfziegelei von E. Wuppermann zu Wuppermannshof bei Schwelm	braun	25	12	6,5	300	661,3 **552** 454,6	558,9 **478** 379,2
36 [3]	Strangpressensteine aus der Dampfziegelei von E. Wuppermann zu Wuppermannshof bei Schwelm	braun	24,5	12	6,5	294	814,3 **614** 438,3	781,3 **612** 396,1
37	Holländische Klinker; Journ.-Nr. 11289—11295	braun	20	9,5	5	190	838,4 **653** 531,6	736,4 **611** 434,0
38	Mauersteine aus der Ofen- und Thonwaarenfabrik von G. Fuhrken zu Strohausen bei Rodenkirchen (Oldenburg)	braun	21,5	10	5	215	910,0 **683** 506,7	
39 [4]	Klinkersteine eigener Fabrikation von der Aktie-Bolaget Helsingborgs Aug. Tegelbruk zu Helsingborg (Schweden)	braun	21	10,5	5	220,5	1277,0 **1175** 985,6	1234,6 **1101** 939,4
40 [5]	Ziegelsteine; Journ.-Nr. 11441—11448	blaßroth	24,5	12	6,5	294	659,0 **585** 412,6	724,0 **583** 410,8
41	Hartbrandsteine aus der Märkischen Ziegelei und Thonwaarenfabrik Aktiengesellschaft zu Premnitz bei Rathenow.	hellgelb	25	12	6,5	300	540,0 **416** 309,1	
42	Klinker. Antr.: Kaiserliche Fortifikation zu Wilhelmshaven.	schwarzbraun	22	10,5	5	231	935,6 **838** 693,0	

[1]) Abnutzung: für den Versuch I: 13,2 + 9,0 + 11,8 + 14,0 = 48,0 g = $\frac{48,0}{1,871}$ ccm = 25,7 ccm

„ „ „ II: 15,7 + 8,3 + 13,7 + 9,0 = 46,7 g = $\frac{46,7}{1,871}$ ccm = 25,0 ccm.

[2]) Abnutzung: für den Versuch I: 14,0 + 13,3 + 10,7 + 15,8 = 53,8 g = $\frac{53,8}{2,216}$ ccm = 24,3 ccm

„ „ „ II: 15,8 + 14,0 + 15,4 + 15,3 = 60,5 g = $\frac{60,5}{2,216}$ ccm = 27,3 ccm.

Druckfestigkeit (nach der Beanspruchung durch Feuer): 10 Stück Steine wurden 1) in einem Trockenofen eine Stunde vorgewärmt; 2) drei Stunden durch Steinkohlenfeuer auf Dunkelroth-Glühhitze erhalten und hierauf 5 von ihnen an der Luft langsam, die übrigen durch Einsenkung in Wasser plötzlich abgekühlt:

a) An der Luft abgekühlt:	b) Plötzlich im Wasser abgekühlt:
695,4 kg/qcm	747,6 kg/qcm
548 „	561 „
465,4 „	456,4 „

[3]) Abnutzung: für den Versuch I: 14,0 + 9,5 + 10,2 + 9,8 = 43,5 g = $\frac{43,5}{2,158}$ ccm = 20,2 ccm

„ „ „ II: 12,4 + 10,2 + 10,3 + 10,5 = 43,4 g = $\frac{43,4}{2,158}$ ccm = 20,1 ccm.

7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
festigkeit		Biegungsfestigkeit			Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohs'schen Skala ritzt zuerst	Wasseraufnahme		Wetterbeständigkeit, lösliche Salze	Journ.-Nr.
ausgefroren			lufttrocken								
an der Luft	unter Wasser	freie Länge l in cm $W=\frac{b\,.\,h^2}{6}$	Belastung P in der Mitte	$K=\frac{P\,.\,l}{4\,.\,W}$				in 12 Std.	in 125 Std. (satt)		
kg/qcm			kg	kg/qcm	kg			%	%	%	
686,3	675,1				3,600	1,927	8	7,4	8,1	0,024	10856
471	**496**										10862
295,8	366,9										
689,1	673,6	l = 20	1563,1	96,5	3,347	1,871	8	9,1	9,7	0,040	10903
488	**472**	$W=\frac{11,5\,.\,6,5^2}{6}=80,98$	**1202**	**74**							10911
367,1	363,3		808,5	49,9							
497,8	607,4				3,988	1,944		10,4	11,6	0,222	10914
400	**433**										10919
309,1	294,7										
					2,600						10933
661,3	713,4	l = 20	1832,6	108,4	4,315	2,216	9	6,3	7,2	0,056	11078
544	**508**	$W=\frac{12\,.\,6,5^2}{6}=84,50$	**1569**	**93**							11088
422,3	388,2		1024,1	60,6							
803,8	829,0	l = 20	2371,6	140,3	4,267	2,158	9	5,1	5,9	0,032	11089
611	**631**	$W=\frac{12\,.\,6,5^2}{6}=84,50$	**1830**	**108**							11099
429,2	421,8		1590,1	94,1							
842,8	772,8				1,932	2,101	7	4,4	4,9	0,136	11289
634	**649**										11295
484,4	515,2										
					2,240						11311
1156,6	1270,4	l = 18	1617,0	166,7	2,360	2,106	9	4,2	4,4	0,088	11355
1031	**1126**	$W=\frac{10,5\,.\,5^2}{6}=43,75$	**1436**	**148**							11366
922,3	941,0		1185,8	122,2							
669,2	725,8				4,160	2,298	9	2,3	2,6	0,588	11441
530	**540**										11448
409,0	445,7										
					3,320						11589
					2,400						11594

[*]) **Druckfestigkeit** (nach der Beanspruchung durch Feuer): 10 Stück Steine wurden 1) in einem Trockenofen eine Stunde vorgewärmt; 2) drei Stunden durch Steinkohlenfeuer auf Dunkelroth-Glühhitze erhalten und hierauf 5 von ihnen an der Luft langsam, die übrigen durch Einsenkung in Wasser plötzlich abgekühlt.

a) An der Luft abgekühlt:	b) Plötzlich im Wasser abgekühlt:
676,7 kg/qcm	449,3 kg/qcm
473 „	**383** „
309,0 „	326,5 „

[*]) **Abnutzung**: für den Versuch I: $10,0 + 11,5 + 7,5 + 9,5 = 38,5\ g = \frac{38,5}{2,106}$ ccm $= 18,3$ ccm

„ „ „ II: $7,9 + 9,0 + 7,0 + 9,6 = 33,5\ g = \frac{33,5}{2,106}$ ccm $= 15,9$ ccm.

Biegungsfestigkeit:

Wassersatte Proben:		Frost an der Luft:		Frost unter Wasser:	
P	K	P	K	P	K
1536,2	158,4	1563,1	161,1	1536,2	158,4
1395	**144**	**1327**	**137**	**1351**	**139**
1239,7	127,8	1078,0	111,1	1239,7	127,8

[*]) **Abnutzung**: für den Versuch I: $8,0 + 5,0 + 6,5 + 4,6 = 24,1\ g = \frac{24,1}{2,298}$ ccm $= 10,5$ ccm

„ „ „ II: $6,7 + 5,4 + 5,4 + 5,1 = 22,6\ g = \frac{22,6}{2,298}$ ccm $= 9,8$ ccm.

1.	2.	3.	4.				5.	6.
			Abmessungen				Druck-	
Laufende Nr.	Fabrikationsort resp. Ziegelei	Farbe	Länge	Breite	Höhe	gedrückte Fläche	lufttrocken	wassersatt
			cm			qcm	kg/qcm	
43	Normalklinkersteine; Journ.-Nr. 11602	blaßroth	25	12	6,5	300	709,0 **516** 387,4	
44	Ziegelsteine; Journ.-Nr. 11688	hellgelb	24,5	12	6,5	294	520,9 **462** 348,5	
45	Klinker aus der Fabrik von Fried. Hoffmann zu Groß-Räschen (Niederlausitz)	blaßroth	25	12	6,5	300	691,8 **488** 269,5	
46	Ziegelsteine; Ursprungsangabe nicht gestattet	roth	24	11,5	6,5	276	508,5 **402** 285,9	
47	Ziegelsteine. Antr.: Kaiserliche Fortifikation zu Wilhelmshaven	dunkelroth	23	11	6	253	570,2 **482** 388,3	
48 [1])	Ziegelsteine aus der Gail'schen Dampfziegelei und Thonwaarenfabrik zu Gießen	gelb	25	12	6,5	300	550,0 **435** 355,8	470,8 **421** 354,0
49	Hartbrandsteine aus der Märkischen Ziegelei und Thonwaarenfabrik Aktiengesellschaft zu Premnitz bei Rathenow	hellgelb	25	12	6,5	300	506,8 **435** 354,0	
50	Ziegelsteine. Antr.: Kaiserliche Fortifikation zu Wilhelmshaven	dunkelroth	22	10	5,5	220	580,6 **430** 296,0	
51	Ziegelsteine; Journ.-Nr. 12152	—	23	11	6	253	554,3 **462** 381,8	
52	Ziegelsteine (Maschinensteine); Ursprungsangabe nicht gestattet	blaßroth	23,5	11	6	258,50	938,7 **677** 511,1	905,3 **676** 546,5
53 [2])	Ziegelsteine aus der Fabrik in Merzig. Antr.: Firma Villeroy & Boch zu Berlin	rothbraun	27	13,5	7	94,50	1710,0[3] **1364** 855,0	1710,0[3] **1332** 798,0
54	Ziegelsteine aus der Dampfziegelei in Hörne bei Stade von Adolf Somfleth zu Stade	dunkelroth	23,5	11	6,5	258,50	573,6 **477** 331,7	
55	Klinkersteine aus der Dampfziegelei Fümmelse bei Wolfenbüttel von Kreis-Maurermeister Conrad Dauer zu Wolfenbüttel	blaßroth	24,5	12	6,5	294	513,5 **414** 333,8	
56	Ziegelsteine aus der Hochdahler Ringofen-Ziegelei Aktiengesellschaft zu Hochdahl	braunroth	24	12	6,5	288	748,6 **593** 475,5	
57	Klinkersteine; Journ.-Nr. 12242	dunkelgelb	24	11,5	6	276	922,9 **771** 527,6	

[1]) Abnutzung: für den Versuch I: $5{,}3 + 7{,}1 + 5{,}3 + 7{,}6 = 25{,}3\ \text{g} = \frac{25{,}3}{2{,}090}\ \text{ccm} = 12{,}1\ \text{ccm}$

„ „ „ II: $7{,}0 + 6{,}4 + 6{,}6 + 8{,}0 = 28{,}0\ \text{g} = \frac{28{,}0}{2{,}090}\ \text{ccm} = 13{,}4\ \text{ccm}$

[2]) Abnutzung: für den Versuch I: $4{,}5 + 3{,}4 + 3{,}4 + 3{,}7 = 15{,}0\ \text{g} = \frac{15{,}0}{2{,}413}\ \text{ccm} = 6{,}2\ \text{ccm}$

„ „ „ II: $2{,}0 + 3{,}3 + 2{,}5 + 2{,}5 = 10{,}3\ \text{g} = \frac{10{,}3}{2{,}413}\ \text{ccm} = 4{,}3\ \text{ccm}.$

7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
festigkeit		Biegungsfestigkeit			Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohsschen Skala	Wasseraufnahme		Wetterbeständigkeit, lösliche Salze	Journ.-Nr.
ausgefroren			lufttrocken								
an der Luft	unter Wasser	freie Länge l in cm $W=\frac{b \cdot h^2}{6}$	Belastung P in der Mitte	$K=\frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$				in 12 Std.	in 125 Std. (satt)		
kg/qcm			kg	kg/qcm	kg			%	%	%	
					3,580						11602
					3,390						11688
					4,000						11755
					3,365						11760
					2,882						11775
524,7	569,0	l = 20	2695,0	159,5	4,235	2,090	8—9	1,2	3,4	0,088	12036
434	**436**	$W=\frac{12 \cdot 6{,}5^2}{6}=84{,}50$	**2289**	**135**							12044
350,8	372,0		1994,3	118,0							
					4,106		6	9,5	10,0	0,084	12138
											12140
					2,317						12151
					2,864						12152
934,5	784,3				3,762			4,6	5,0	0,068	12156
688	**649**										12160
534,0	509,0										
1710,0[3]	1710,0[3]	l = 20	6414,1	291,6	5,970	2,413	9—10	0,03	0,04	0,068	12173
1228	**1188**	W = 110,3	**4972**	**226**							12185
780,9	741,0		3934,7	178,9							
					2,970			9,4	10,2	0,060	12210
											12211
					3,815						12234
					3,684			5,7	6,1	0,088	12239
											12240
					3,600						12242

[1]) Biegungsfestigkeit:

Wassersatte Proben:		Frost an der Luft:		Frost unter Wasser:	
P	K	P	K	P	K
6655,7	302,5	5929,0	269,5	7114,8	323,4
5411	**246**	**4344**	**197**	**5180**	**235**
4419,8	200,9	2695,0	122,5	3341,8	151,9

[2]) Der Probekörper war nicht zerstört. Von einer weiteren Steigerung des Druckes mußte indessen Abstand genommen werden, weil die vorhandene Presse eine höhere Druckbeanspruchung nicht zuließ.

1.	2.	3.	4.				5.	6.
			Abmessungen				Druck-	
Laufende Nr.	Fabrikationsort resp. Ziegelei	Farbe	Länge	Breite	Höhe	gedrückte Fläche	lufttrocken	wassersatt
			cm			qcm	kg/qcm	
			a) $^3/_4$ Vollziegel mit einer Druck-					
58	$^3/_4$-Ziegelsteine; Journ.-Nr. 11929—11934	braunroth	22,5	10,5	5	236,25	908,0 **670** 499,4	853,5 **702** 387,1
59[1])	Klinker aus der Dampfziegelei von Gebr. Hell zu Kurzenmoor bei Elmshorn in Holstein	grauviolett	21	10,5	5,5	220,5	1071,4 **709** 458,7	1018,9 **706** 529,5
60	Desgl.	violett-braun	21	10,5	5,5	220,5	941,6 **725** 480,7	878,4 **687** 500,2
			b) Vollsteine mit einer Druckfestigkeit					
61	Hartgebrannte Hintermauerungs-Maschinensteine H. aus der Prinzlich-Hohenzollernschen Dampfziegelei zu Gräbendorf	gelb	24,5	11,5	6,5	281,75	392,0 **273** 158,4	
62	Klinker-Maschinensteine aus der Prinzlich-Hohenzollernschen Dampfziegelei zu Gräbendorf	dunkelgelb	24	11	6	264	476,9 **379** 295,4	
63	Mauersteine; Journ.-Nr. 9497—9502	blaßroth	25	12,5	6,5	312,50	382,9 **333** 286,3	376,0 **332** 272,5
64	Ziegelsteine ohne Ursprungsangabe. Antr.: Großherzogl. Baubehörde für die Zellenstrafanstalt Butzbach zu Butzbach in Hessen	unrein roth	25 24,5	11,5 12	6 6	287,50 294,0	410,0 **315** 256,5	
65	Ziegelsteine aus der Dampfziegelei zu Roden, Kreis Saarlouis, Gebr. Regnier zu Roden a. d. Saar gehörig	blaßroth	25	12	6,5	300	431,3 **345** 287,5	377,4 **339** 271,3
66	Ringofensteine aus der Dampfziegelei von Leo Stein & Co. zu Radevormwald	bräunlich-roth	25	11,5	6,5	287,50	490,5 **387** 269,6	449,3 **386** 337,0
67	Hintermauerungsziegel I. Klasse aus der Ziegelei Lüttmann in Grembozin Kr. Thorn. Antr.: Kgl. Fortifikation zu Graudenz	blaßroth	24,5	12	6,5	294	383,8 **345** 252,7	381,9 **327** 209,0
68	Ziegelsteine aus der Ringofenziegelei Köln-Sülz, Ziegeleibesitzer H. Braun zu Köln a. Rh. gehörig	braunroth	24	11	6,5	264	489,5 **390** 295,4	
69	Thonsteine ohne Ursprungsangabe. Antr.: Kaliwerke Aschersleben zu Schmidtmannshall bei Aschersleben	röthlich	25	12	6,5	300	412,0 **368** 334,1	
70	Klinker zu Hoffronten aus der zu Nietleben gelegenen Dampfziegelei von Aug. Hensel & Co. zu Halle a. S.	hell gelblich	25	12	6,5	300	412,0 **368** 259,8	
71	Vollsteine zu Kellermauern aus der zu Nietleben belegenen Dampfziegelei von Aug. Hensel & Co. zu Halle a. S.	stumpfroth	25	12	6,5	300	426,9 **347** 274,7	
72	Mauersteine aus der Ziegelei von A. Fender in Schiffmühle bei Freienwalde a. O. Antr.: O. Zucker in Berlin	röthlichgelb	24	11,5	6	276	422,1 **339** 254,0	392,8 **331** 277,5

[1]) Abnutzung: für den Versuch I: $8{,}5 + 6{,}8 + 8{,}5 + 6{,}5 = 30{,}3\ g = \frac{30{,}3}{2{,}096}\ \text{ccm} = 14{,}5\ \text{ccm}$

7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
festigkeit		Biegungsfestigkeit			Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohs'schen Skala hier zuerst	Wasseraufnahme		Wetterbeständigkeit, lösliche Salze	Journ.-Nr.
ausgefroren			lufttrocken								
an der Luft	unter Wasser	freie Länge l in cm $W=\frac{b\,.\,h^2}{6}$	Belastung P in der Mitte	$K=\frac{P\,.\,l}{4\,.\,W}$				in 12 Std.	in 125 Std. (satt)		
kg/qcm			kg	kg/qcm	kg			%	%	%	
festigkeit über 400 kg/qcm.											
896,7	903,3				2,350	1,907		7,2	7,5	0,116	11929
595	**694**										11934
265,0	482,6										
927,2	846,9	$l=16$	2695,0	204,2	2,517	2,096	9—10	1,9	2,9	0,080	11966
715	**699**	$W=\frac{10{,}5\,.\,5{,}5^2}{6}=52{,}9$	**1700**	**129**							11974
500,2	453,8		1239,7	93,9							
915,0	937,0				2,537	2,033	9	4,6	5,0	0,168	11975
716	**679**										11981
580,7	470,0										
zwischen 400 und 250 kg/qcm. 4/4 Steine.											
					3,145						9456
					3,172						9457
379,5	372,6				3,522	1,804	5	15,6	16,7	0,280	9497
326	**315**										9502
293,2	248,4										
					3,497						9540
395,3	363,0				3,448	1,665	5	14,3	14,8	0,1	9574
337	**337**										9579
269,5	287,5										
460,5	449,3				3,595	1,953	6	8,1	8,9	0,006	9583
364	**349**										9588
295,8	284,5										
					3,410	1,626	—	14,9	15,7	0,440	9614
											9617
					3,545						9625
					3,744						9630
					3,992						9642
					3,594						9644
392,8	375,2				2,915	1,438	5	20,6	21,5	0,398	9654
329	**314**										9659
281,4	234,5										

*) Abnutzung: für den Versuch II: 6,3 + 6,5 + 8,5 + 4,7 . 20,0 g $\frac{20{,}0}{2{,}096}$ ccm 12,4 ccm.

Ergebnisse der Untersuchungen von künstlichen Steinen

1.	2.	3.	4.				5.	6.
			Abmessungen				Druck-	
Laufende Nr.	Fabrikationsort resp. Ziegelei	Farbe	Länge	Breite	Höhe	gedrückte Fläche	lufttrocken	wassersatt
			cm			qcm	kg/qcm	
	A. Ziegel-							
	I. α. Voll-							
	a) Mit einer Druckfestigkeit von							
1	Ziegelsteine. Antr.: Kais. Kanal-Kommission, Abtheilungs-Baumeister 3 des Bauamts II in Grünenthal	gelb	23,5	11	6	258,5 / 2	902,9 **770** 673,9	
2	Ziegelsteine ohne Angabe über den Ursprung. Antr.: Großherzogliche Baubehörde für die Zellenstrafanstalt Butzbach zu Butzbach in Hessen	dunkelroth und roth	24 24,5	11,5 12	6 6	276 294	849,6 **602** 331,0	
3	Mauersteine; Journ.-Nr. 9591—9596	weißlichgelb	25	12	6,5	300	601,3 **508** 374,9	556,8 **468** 367,5
4	Säulensteine aus der Fabrik von Biemwald & Rother in Liegnitz. Antr.: Kgl. Baurath A. Orth zu Berlin	lederfarben	profilirt				419,3 **407** 387,8	
5	Steine; Journ.-Nr. 9672—9677	braunroth	24	11,5	6,5	276	552,9 **441** 322,9	565,5 **442** 326,9
6[1]	Mauersteine aus der Dampfziegelei Nudersdorf bei Wittenberg (Bez. Halle), dem Rittergutsbesitzer Benno Roebbelen zu Nudersdorf gehörig	gelb	25	12	6,5	300	539,1 **431** 355,8	528,3 **420** 352,2
7[2]	Ziegelsteine aus der Fabrik zu Hellern von G. O. Kramer & Co. zu Osnabrück	braunroth	24,5	12	6,5	294	696,7 **566** 440,2	660,2 **561** 432,8
8[3]	Dunkle Verblendklinker; Journ.-Nr. 9734—9747	hellbraun	25	12,5	6,5	312,5	676,2 **607** 510,6	683,1 **598** 507,2
9	Hintermauerungsklinker aus der Ziegelei zu Clausdorf von W. Maaß & R. Faßkessel zu Berlin	gelb	24	11	6	264	506,4 **417** 337,6	
10	Torgauer Verblendsteine. Antr.: R. Schneider zu Berlin	dunkelroth	25	12	6,5	300	485,2 **423** 316,3	521,1 **409** 316,3

[1]) Abnutzung: für den Versuch I: $18{,}8 + 22{,}9 + 26{,}0 + 21{,}5 = 89{,}2$ g $= \frac{89{,}2}{1{,}969}$ ccm $= 45{,}3$ ccm

„ „ „ II: $26{,}2 + 24{,}0 + 22{,}9 + 22{,}3 = 95{,}4$ g $= \frac{95{,}4}{1{,}969}$ ccm $= 48{,}9$ ccm.

Druckfestigkeit (nach der Beanspruchung durch Feuer):

I. Langsam an der Luft abgekühlt	II. Plötzlich im Wasser abgekühlt
440,3	395,3
413	**368**
377,4	341,4

Biegungsfestigkeit:

Wassersatte Proben		Frost an der Luft		Frost unter Wasser	
P	$K = \frac{Pl}{4W}$	P	$K = \frac{Pl}{4W}$	P	$K = \frac{Pl}{4W}$
1509,2	89,3	1347,5	79,7	1374,4	81,3
1206,7	71	1158,8	69	1168,5	69
997,1	59,0	943,2	55,8	916,3	54,2

[2]) Abnutzung: für den Versuch I: $6{,}5 + 8{,}0 + 5{,}7 + 5{,}8 = 26{,}0$ g $= \frac{26{,}0}{2{,}166}$ ccm $= 12{,}0$ ccm

„ „ „ II: $6{,}7 + 7{,}3 + 6{,}8 + 6{,}3 = 27{,}1$ g $= \frac{27{,}1}{2{,}166}$ ccm $= 12{,}5$ ccm.

7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
festigkeit		Biegungsfestigkeit			Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohsschen Skala ritzt zuerst	Wasseraufnahme		Wetterbeständigkeit, lösliche Salze	Journ.-Nr.
ausgefroren		freie Länge l in cm $W=\frac{b\,.\,h^2}{6}$	lufttrocken					in 12 Std.	in 125 Std. (satt)		
an der Luft	unter Wasser		Belastung P in der Mitte	$K=\frac{P\,.\,l}{4\,.\,W}$							
kg/qcm			kg	kg/qcm	kg			%	%	%	

festigkeit über 400 kg/qcm.

896,7	903,3				2,350	1,907		7,2	7,5	0,116	11929 / 11934
595	**694**										
265,0	482,6										
927,2	846,9	$l=16$	2695,0	204,2	2,517	2,096	9—10	1,9	2,9	0,080	11966 / 11974
715	**699**	$W=\frac{10{,}5\,.\,5{,}5^2}{6}=52{,}9$	**1700**	**129**							
500,2	453,8		1239,7	93,9							
915,0	937,0				2,537	2,033	9	4,6	5,0	0,168	11975 / 11981
716	**679**										
580,7	470,0										

zwischen 400 und 250 kg/qcm. 4/4 Steine.

					3,145						9456
					3,172						9457
379,5	372,6				3,522	1,804	5	15,6	16,7	0,280	9497 / 9502
326	**315**										
293,2	248,4										
					3,497						9540
395,3	363,0				3,448	1,665	5	14,3	14,8	0,1	9574 / 9579
337	**337**										
269,5	287,5										
460,5	449,3				3,595	1,953	6	8,1	8,9	0,006	9583 / 9588
364	**349**										
295,8	284,5										
					3,410	1,626	—	14,9	15,7	0,440	9614 / 9617
					3,545						9625
					3,744						9626
					3,992						9642
					3,594						9643
392,8	375,2				2,915	1,438	5	20,6	21,5	0,328	9654 / 9659
329	**314**										
281,4	234,5										

*) Abnutzung: für den Versuch II: $6{,}3 + 6{,}5 + 8{,}5 + 4{,}7 = 26{,}0\ g = \frac{26{,}0}{2{,}096}\ ccm = 12{,}4\ ccm$.

1.	2.	3.	4.				5.	6.
			Abmeſſungen				Druck-	
Laufende Nr.	Fabrikationsort reſp. Ziegelei	Farbe	Länge	Breite	Höhe	gedrückte Fläche	lufttrocken	waſſerſatt
			cm			qcm	kg/qcm	
11	Ziegelſteine; Journ.-Nr. 9908	gelblich-roth	24	11,5	6,5	276	605,4 **547** 403,6	
12[1])	Vollſtein-Klinker; Urſprungsangabe nicht geſtattet	gelblich-röthlich	25	11,5	6,5	287,5	479,2 **429** 355,7	561,6 **424** 359,4
13[2])	Trocken gepreßte Klinker; Journ.-Nr. 10019—10028	gelb	24,5	11,5	6	281,75	707,4 **606** 478,0	650,1 **556** 451,2
14[3])	Ziegel aus dem Suceaſer Dampf-Thon-Werk von F. Moebus zu Suceaſe bei Lenzen	gelblich-roth	24,5	11,5	6,5	281,75	772,4 **676** 504,8	768,6 **669** 497,1
15	Ziegelſteine; Journ.-Nr. 10055	roth	24,5	11,5	6,3	281,75	699,9 **618** 527,7	
16	Hartbrand-Preßſteine aus der Marienburger Ziegelei Thonwaarenfabrik (Aktien-Geſellſchaft) bei Marienburg in Weſtpr.	dunkelroth	24	11,5	6,5	276	574,5 **474** 371,3	
17	Verblendſteine aus der Gaſſener Dampfziegelei und Thonwaarenfabrik R. Balack & Wirſich zu Sommerfeld	gelb	25	11,5	6,5	287,5	644,0 **591** 561,6	681,4 **546** 441,8
18	Klinker aus der Gaſſener Dampfziegelei und Thonwaarenfabrik R. Balack & Wirſich zu Sommerfeld	grau	25	11,5	6,5	287,5	550,4 **476** 378,1	513,9 **472** 385,6
19	Klinker der Firma R. Spitta aus der Rittergutsziegelei Streganz bei Prieros	graubraun	23,5	11	6	258,5	550,7 **416** 262,8	542,4 **394** 242,0
20	Maſchinen-Ziegel aus der Ziegelei von C. Schmidt zu Lenzen bei Elbing	röthlich-gelb	24	11,5	6,5	276	601,7 **491** 320,5	

[1]) Abnutzung: für den Verſuch I: 21,1 + 16,9 + 16,8 + 22,0 = 76,8 g = $\frac{76,8}{1,765}$ ccm = 43,5 ccm

" " " II: 7,0 + 19,4 + 11,0 + 10,4 = 47,8 g = $\frac{47,8}{1,765}$ ccm = 27,1 ccm.

[2]) Abnutzung für den Verſuch I: 10,5 + 12,0 + 12,6 + 12,0 = 47,1 g = $\frac{47,1}{1,955}$ ccm = 24,1 ccm

" " " II: 17,4 + 19,0 + 18,0 + 19,3 = 73,7 g = $\frac{73,7}{1,955}$ ccm = 37,7 ccm.

Die an den Ziegeln befindlichen Vertiefungen zur Mörtelaufnahme wurden bei ſämmtlichen zu den Druckverſuchen benutzten Ziegeln drei Tage vor der Prüfung mit Cement ausgefüllt.

8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
t roren unter Wasser cm	Biegungsfestigkeit: freie Länge l in cm $W = \frac{b \cdot h^2}{6}$	lufttrocken: Belastung P in der Mitte kg	lufttrocken: $K = \frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$ kg/qcm	Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben kg	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohsschen Skala	Wasseraufnahme in 12 Std. %	Wasseraufnahme in 125 Std. (satt) %	Wetterbeständigkeit, lösliche Salze %	Journ.-Nr.
				3,408						9908
524,2				3,209	1,765	5	13,4	14,0	0,188	9992
400										9999
355,7										
726,6	$l = 20$	1940,4	140,6	3,054	1,955	7	10,1	12,1	0,528	10017
575	$W = \frac{11{,}5 \cdot 6^2}{6} = 69{,}0$	**1649**	**120**							10028
508,6		1347,5	97,6							
764,8				3,690	1,995	6	5,5	6,1	0,136	10030
607										10037
504,8										
				3,454						10055
				3,570						10109

[1]) Druckfestigkeit nach der Beanspruchung durch Feuer

	langsam abgekühlt	plötzlich abgekühlt								
626,9	625,2	561,6	3,765	1,949	7	6,5	6,8	0,016	10164
523	**522**	**482**							10172
468,0	479,2	385,6							

[4]) Druckfestigkeit nach der Beanspruchung durch Feuer

	langsam abgekühlt	plötzlich abgekühlt								
535,4	599,0	475,5	3,850	2,038	8	5,6	5,9	0,012	10173
456	**552**	**437**							10181
344,4	445,5	400,6							

[5]) Druckfestigkeit nach der Beanspruchung durch Feuer

	langsam abgekühlt	plötzlich abgekühlt								
596,6	417,2	417,2	3,065	1,957	7	4,8	5,3	0,060	10203
380	**389**	**365**							10211
250,3	325,4	304,6							
			3,435							10215

) Biegungsfestigkeit:

Wassersatte Proben		Frost an der Luft		Frost unter Wasser	
P	$K = \frac{Pl}{4W}$	P	$K = \frac{Pl}{4W}$	P	$K = \frac{Pl}{4W}$
1724,8	125,0	1751,7	126,9	1670,9	121,1
1579	**114**	**1560**	**113**	**1469**	**106**
1401,4	101,6	1374,5	99,6	1293,6	93,8

) Abnutzung: für den Versuch I: $21{,}7 + 21{,}3 + 18{,}5 + 19{,}4 = 80{,}9\ g = \frac{80{,}9}{1{,}955}$ ccm $= 40{,}6$ ccm

„ „ „ II: $23{,}7 + 22{,}3 + 23{,}7 + 13{,}3 = 83{,}0\ g = \frac{83{,}0}{1{,}995}$ ccm $= 41{,}6$ ccm.

) Die 10 für die Beanspruchung durch Feuer bestimmten Ziegel wurden 1) in einem Trockenofen eine Stunde vorgewärmt, Steinkohlenfeuer drei Stunden auf Dunkelroth-Glühhitze erhalten und hierauf 5 von ihnen an der Luft langsam abgekühlt, n durch Einsenkung in Wasser plötzlich abgekühlt.

1.	2.	3.	4.				5.	6.
			Abmessungen				Druck-	
Laufende Nr.	Fabrikationsort resp. Ziegelei	Farbe	Länge	Breite	Höhe	gedrückte Fläche	lufttrocken	wassersatt
			cm			qcm	kg/qcm	
21 [1])	Mauersteine aus der in der Grönäer Feldmark belegenen Dampf-Ziegelei von O. Petzold zu Bernburg	braunroth	25	12	6,5	300	503,2 **432** 391,7	455,7 **365** 316,3
22	Maschinen-Ziegel aus der Ziegelei von C. Schmidt zu Lenzen bei Elbing	röthlich-gelb	24,5	11,5	6,5	281,75	— 	634,8 **490** 305,9
23	Mauersteine aus der Ziegelei von G. Dittrich & L. Neumann zu Unterwiederstedt bei Sandersleben	blaßroth	24,5	11,5	6,5	281,75	680,7 **551** 474,2	718,9 **542** 458,9
24 [2])	Mauer-(Hochbau-)Steine desgl.	blaßroth	24,5	11,5	6,5	—	—	—
25 [4])	Ringofen-Maschinensteine aus der Dampfziegelei in Lottringhausen von H. Maiweg zu Annen	braun	25	12	6,5	300	704,3 **582** 431,3	643,2 **529** 438,5
26	Verblendklinker des Dampfziegelwerks Friedrichsstadt von H. Pauckſch zu Landsberg a./W.	gelb	25	12	6,5	300	535,5 **437** 366,6	578,1 **406** 276,7
27	Klinkersteine von den Rösrather Thonwerken, Benfey & Co. zu Rösrath bei Köln a./Rh.	dunkelroth	24,5	11,5	7	281,75	719,9 **553** 380,5	613,6 **490** 330,8
28 [5])	Ziegelsteine (hart-gebrannt) aus der Thonwaarenfabrik Steutz i. Anh. von W. Golbach zu Roßlau (Anhalt)	dunkelgelb	24	11,5	6,5	276	666,2 **504** 384,9	566,7 **451** 332,2
29 [6])	Ziegelsteine aus der in Burscheid gelegenen Dampfziegelei von W. Eckardt zu Köln-Lindenthal	rothbraun	25	12	6,5	300	680,1 **616** 515,7	680,1 **597** 506,8
30	Klinkersteine. Antr.: Kais. Fortifikation zu Wilhelmshaven	braun	23	11	5	253	748,9 **547** 371,3	

[1]) Abnutzung: für den Versuch I: 16,5 + 16,8 + 21,0 + 17,2 = 71,5 g = $\frac{71,5}{1,970}$ ccm = 36,3 ccm

„ „ „ II: 23,1 + 17,7 + 15,1 + 13,7 = 69,6 g = $\frac{69,6}{1,970}$ ccm = 53,3 ccm.

Die an den Ziegeln befindlichen Vertiefungen zur Mörtelaufnahme wurden bei sämmtlichen zu den Druckversuchen benutzten Ziegeln drei Tage vor der Prüfung mit Cement ausgefüllt.

Biegungsfestigkeit:

	P	K		P	K		P	K
wassersatt	916,3 kg	83,9 kg/qcm	ausgefroren an der Luft	1185,8 kg	108,5 kg/qcm	ausgefroren unter Wasser	1024,1 kg	93,7 kg/qcm
	862,4 „	79 „		892,0 „	82 „		873,2 „	80 „
	808,5 „	74,0 „		565,9 „	51,8 „		754,6 „	69,1 „

Druckfestigkeit (nach der Beanspruchung durch Feuer):

langsam an der Luft abgekühlt	330,6 kg/qcm	plötzlich durch Einsenkung in Wasser abgekühlt	341,4 kg/qcm
	293 „		305 „
	266,0 „		222,8 „

[2]) Die 10 für die Beanspruchung durch Feuer bestimmten Ziegel wurden 1) in einem Trockenofen eine Stunde vorgewärmt, 2) durch Steinkohlenfeuer drei Stunden auf Dunkelroth-Glühhitze erhalten und hierauf 5 von ihnen an der Luft langsam abgekühlt, die übrigen durch Einsenkung in Wasser plötzlich abgekühlt.

[3]) Biegungsfestigkeit:

	P	K		P	K		P	K
wassersatt	1832,6 kg	113,1 kg/qcm	ausgefroren an der Luft	1778,7 kg	109,8 kg/qcm	ausgefroren unter Wasser	1778,7 kg	109,8 kg/qcm
	1617 „	100 „		1455 „	90 „		1369 „	85 „
	1347,5 „	83,2 „		1078,0 „	66,5 „		1024,1 „	63,2 „

[4]) Abnutzung: für den Versuch I: 13,6 + 15,5 + 11,4 + 11,7 = 52,2 g = $\frac{52,2}{2,027}$ ccm = 25,8 ccm

„ „ „ II: 15,8 + 12,4 + 11,0 + 11,9 = 51,1 g = $\frac{51,1}{2,027}$ ccm = 25,2 ccm.

7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
festigkeit		Biegungsfestigkeit			Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohsschen Skala ritzt zuerst	Wasseraufnahme		Wetterbeständigkeit, lösliche Salze	Journ.-Nr.
ausgefroren		freie Länge l in cm $W=\frac{b\,.\,h^2}{6}$	lufttrocken					in 12 Std.	in 125 Std. (satt)		
an der Luft	unter Wasser		Belastung P in der Mitte	$K=\frac{P\,.\,l}{4\,.\,W}$							
kg/qcm			kg	kg/qcm	kg			%	%	%	
539,1	539,1	$l=20$	1455,3	133,2	3,655	1,970	6	12,9	13,7	0,420	10217
419	**398**	$W=54{,}64$	**1102**	**101**							10230
312,7	327,1		808,5	74,0							
543,0	569,8				wasser-	1,931	6	6,9	7,7	0,148	10291
465	**449**				satt						10296
367,1	382,4				3,670						
			[2]) Druckfestigk. nach der Beanspr. durch Feuer								
			langsam abgekühlt	plötzlich abgekühlt							
592,7	566,0		573,6	527,7	3,645	1,953	6	8,1	9,2	0,388	10334
538	**499**		**463**	**438**							10342
401,5	386,2		305,9	355,6							
—	—	$l=20$ $W=\frac{11{,}5\,.\,6{,}5^2}{6}=\frac{485{,}875}{6}$	1940,4	121,0	3,664						10343
			1612	**100**							10346
			1455,3	89,8							
499,6	636,1				4,010	2,027	9	4,8	5,3	0,060	10417
440	**469**										10424
355,8	363,0										
535,5	517,5				3,765	1,900	7	9,2	9,8	0,188	10465
435	**435**										10471
352,2	388,2										
647,6	601,2				4,230	2,168	8	4,6	5,1	0,016	10646
527	**505**										10652
395,8	332,7										
588,1	664,2	$l=20$	2317,7	143,0	3,550	2,132	9	1,1	2,1	0,076	10763
447	**511**	$W=\frac{11{,}5\,.\,(6{,}5)^2}{6}=80{,}98$	**1865**	**115**							10774
308,7	334,1		1563,1	96,4							
666,7	674,9	$l=20$	2209,9	130,8	4,145	2,223	9	4,3	5,2	0,060	10810
606	**553**	$W=\frac{12\,.\,(6{,}5)^2}{6}=84{,}50$	**1852**	**110**							10823
494,2	440,3		1670,9	98,9							
					2,528						10851

[1]) Abnutzung: für den Versuch I: $6{,}2+6{,}2+6{,}4+7{,}0=25{,}8\text{ g}=\frac{25{,}8}{2{,}132}\text{ ccm}=12{,}1\text{ ccm}$

„ „ „ II: $7{,}1+7{,}7+8{,}2+7{,}5=30{,}5\text{ g}=\frac{30{,}5}{2{,}132}\text{ ccm}=14{,}3\text{ ccm}$.

Biegungsfestigkeit:

	P	K		P	K		P	K
wassersatt	2425,5 kg	149,7 kg/qcm	ausgefroren an der Luft	2048,2 kg	126,4 kg/qcm	ausgefroren unter Wasser	2695,0 kg	166,3 kg/qcm
	1595 „	**98** „		**1682** „	**104** „		**1800** „	**111** „
	1239,7 „	76,5 „		1401,4 „	86,5 „		1078,0 „	66,5 „

[2]) Abnutzung: für den Versuch I: $10{,}3+6{,}0+8{,}2+6{,}3=30{,}8\text{ g}=\frac{30{,}8}{2{,}223}\text{ ccm}=13{,}9\text{ ccm}$

„ „ „ II: $9{,}0+10{,}5+6{,}2+8{,}2=33{,}9\text{ g}=\frac{33{,}9}{2{,}223}\text{ ccm}=15{,}2\text{ ccm}$.

Biegungsfestigkeit:

Wassersatte Proben:		Frost an der Luft:		Frost unter Wasser:	
P	K	P	K	P	K
1778,7	105,2	2263,8	134,0	1886,5	111,6
1595	**94**	**1662**	**98**	**1563**	**92**
1428,4	84,5	1401,4	82,9	1131,9	67,0

Druckfestigkeit (nach der Beanspruchung durch Feuer): 10 Stück Ziegelsteine wurden 1) in einem Trockenofen eine Stunde vorgewärmt; 2) drei Stunden durch Steinkohlenfeuer auf Hellroth-Glühhitze erhalten und hierauf 5 von ihnen an der Luft langsam abgekühlt, die übrigen durch Einsenkung in Wasser plötzlich abgekühlt.

a) An der Luft abgekühlt:	b) Plötzlich im Wasser abgekühlt:
663,3 kg/qcm	539,1 kg/qcm
535 „	**458** „
469,0 „	377,4 „

1.	2.	3.	4.				5.	6.
			Abmessungen				Druck-	
Laufende Nr.	Fabrikationsort resp. Ziegelei	Farbe	Länge	Breite	Höhe	gedrückte Fläche	luftrocken	wassersatt
			cm			qcm	kg/qcm	
31	Mauersteine aus der eigenen Dampfziegelei. Antr.: Nienburger chemische Fabrik zu Nienburg a. d. Weser	dunkelroth	25	11,5	6,5	287,5	690,0 **498** 381,9	653,1 **507** 333,2
32 [1]	Ziegelsteine; Journ.-Nr. 10903—10911	dunkelroth	24,5	11,5	6,5	281,75	717,1 **564** 399,6	577,6 **484** 392,0
33	Mauersteine; Journ.-Nr. 10914—10919	blaßroth	25	12	6,75	300	593,0 **482** 372,0	549,9 **440** 337,8
34	Hartbrand-Mauerziegel. Antr.: Kaiserl. Fortifikation Wilhelmshaven	braunroth	22,5	11	5,5	247,5	862,1 **550** 285,2	
35 [2]	Trockenpressensteine aus der Dampfziegelei von E. Wuppermann zu Wuppermannshof bei Schwelm	braun	25	12	6,5	300	661,3 **552** 454,6	558,9 **478** 379,2
36 [3]	Strangpressensteine aus der Dampfziegelei von E. Wuppermann zu Wuppermannshof bei Schwelm	braun	24,5	12	6,5	294	814,3 **614** 438,3	781,3 **612** 396,1
37	Holländische Klinker; Journ.-Nr. 11289—11295	braun	20	9,5	5	190	838,4 **653** 531,6	736,4 **611** 434,0
38	Mauersteine aus der Ofen- und Thonwaarenfabrik von G. Fuhrken zu Strohausen bei Rodenkirchen (Oldenburg)	braun	21,5	10	5	215	910,0 **683** 506,7	
39 [4]	Klinkersteine eigener Fabrikation von der Aktie-Bolaget Helsingborgs Aug. Tegelbruk zu Helsingborg (Schweden)	braun	21	10,5	5	220,5	1277,0 **1175** 985,6	1234,6 **1101** 939,4
40 [5]	Ziegelsteine; Journ.-Nr. 11441—11448	blaßroth	24,5	12	6,5	294	659,0 **535** 412,6	724,0 **533** 410,8
41	Hartbrandsteine aus der Märkischen Ziegelei und Thonwaarenfabrik Aktiengesellschaft zu Premnitz bei Rathenow.	hellgelb	25	12	6,5	300	540,0 **416** 309,1	
42	Klinker. Antr.: Kaiserliche Fortifikation zu Wilhelmshaven.	schwarzbraun	22	10,5	5	231	935,6 **838** 693,0	

[1]) Abnutzung: für den Versuch I: $13{,}2 + 9{,}0 + 11{,}8 + 14{,}0 = 48{,}0$ g $= \frac{48{,}0}{1{,}871}$ ccm $= 25{,}7$ ccm

„ „ „ II: $15{,}7 + 8{,}3 + 13{,}7 + 9{,}0 = 46{,}7$ g $= \frac{46{,}7}{1{,}871}$ ccm $= 25{,}0$ ccm.

[2]) Abnutzung: für den Versuch I: $14{,}0 + 13{,}3 + 10{,}7 + 15{,}8 = 53{,}8$ g $= \frac{53{,}8}{2{,}216}$ ccm $= 24{,}3$ ccm

„ „ „ II: $15{,}8 + 14{,}0 + 15{,}4 + 15{,}3 = 60{,}5$ g $= \frac{60{,}5}{2{,}216}$ ccm $= 27{,}3$ ccm.

Druckfestigkeit (nach der Beanspruchung durch Feuer): 10 Stück Steine wurden 1) in einem Trockenofen eine Stunde vorgewärmt; 2) drei Stunden durch Steinkohlenfeuer auf Dunkelroth-Glühhitze erhalten und hierauf 5 von ihnen an der Luft langsam, die übrigen durch Einsenkung in Wasser plötzlich abgekühlt:

a) An der Luft abgekühlt: 695,4 kg/qcm, 548 „, 465,4 „

b) Plötzlich im Wasser abgekühlt: 747,6 kg/qcm, 561 „, 456,4 „

[3]) Abnutzung: für den Versuch I: $14{,}0 + 9{,}5 + 10{,}2 + 9{,}8 = 43{,}5$ g $= \frac{43{,}5}{2{,}158}$ ccm $= 20{,}2$ ccm

„ „ „ II: $12{,}4 + 10{,}2 + 10{,}3 + 10{,}5 = 43{,}4$ g $= \frac{43{,}4}{2{,}158}$ ccm $= 20{,}1$ ccm.

7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
festigkeit		Biegungsfestigkeit			Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohs'schen Skala	Wasseraufnahme		Wetterbeständigkeit, lösliche Salze	Journal-Nr.
ausgefroren		freie Länge l in cm $W = \frac{b \cdot h^2}{6}$	lufttrocken				richt zuerst				
an der Luft	unter Wasser		Belastung P in der Mitte	$K = \frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$				in 12 Std.	in 125 Std. (satt)		
kg/qcm			kg	kg/qcm	kg			%	%	%	
449,4	431,8				3,280	1,841	7	7,9	8,9	0,060	11634
319	**332**										11640
201,3	218,8										
307,0	318,2				2,956			7,0	7,7	0,128	11717
237	**263**										11721
179,7	213,4										
					3,720						11759
					3,970						11771
					2,600						11776
					2,460						11778
					2,515						11779
					2,500						11780
355,8	303,7				3,505	1,861	6	11,9	12,4	0,148	11831
282	**259**										11837
226,4	233,6										
					2,310						11846
					2,490						11847
					2,482						11848
293,1	273,6				2,856	1,722	4	16,7	17,6	0,192	11889
251	**236**										11895
166,1	185,6										
557,1	427,7				3,793	2,053	7	4,2	5,3	0,060	11913
376	**324**										11919
262,4	233,6										
289,0	300,8				3,165	1,644	6	22,9	23,9	0,140	11949
241	**243**										11955
221,4	200,8										
413,3	505,0				3,820			15,0	15,9	0,156	11989
295	**328**										11993
181,5	235,4										
320,5	293,1				3,180	1,707	5—6	14,3	15,4	0,120	12013
276	**263**										12021
218,8	211,0										

a) Langsam an der Luft abgekühlt { 371,3 kg/qcm; 291 „; 244,2 „ }

b) Plötzlich im Wasser abgekühlt { 297,0 kg/qcm; 261 „; 216,9 „ }

1.	2.	3.	4.				5.	6.
			Abmessungen				Druck-	
Laufende Nr.	Fabrikationsort resp. Ziegelei	Farbe	Länge	Breite	Höhe	gedrückte Fläche	lufttrocken	wassersatt
			cm			qcm	kg/qcm	
43	Normalklinkersteine; Journ.-Nr. 11602	blaßroth	25	12	6,5	300	709,0 **516** 387,4	
44	Ziegelsteine; Journ.-Nr. 11688	hellgelb	24,5	12	6,5	294	520,9 **462** 348,5	
45	Klinker aus der Fabrik von Fried. Hoffmann zu Groß-Räschen (Niederlausitz)	blaßroth	25	12	6,5	300	691,8 **488** 269,5	
46	Ziegelsteine; Ursprungsangabe nicht gestattet	roth	24	11,5	6,5	276	508,5 **402** 285,9	
47	Ziegelsteine. Antr.: Kaiserliche Fortifikation zu Wilhelmshaven	dunkelroth	23	11	6	253	570,2 **482** 388,3	
48 [1])	Ziegelsteine aus der Gail'schen Dampfziegelei und Thonwaarenfabrik zu Gießen	gelb	25	12	6,5	300	550,0 **435** 355,8	470,8 **421** 354,0
49	Hartbrandsteine aus der Märkischen Ziegelei und Thonwaarenfabrik Aktiengesellschaft zu Premnitz bei Rathenow	hellgelb	25	12	6,5	300	506,8 **435** 354,0	
50	Ziegelsteine. Antr.: Kaiserliche Fortifikation zu Wilhelmshaven	dunkelroth	22	10	5,5	220	580,6 **480** 296,0	
51	Ziegelsteine; Journ.-Nr. 12152	—	23	11	6	253	554,3 **462** 381,8	
52	Ziegelsteine (Maschinensteine); Ursprungsangabe nicht gestattet	blaßroth	23,5	11	6	258,50	938,7 **677** 511,1	905,3 **676** 546,5
53 [2])	Ziegelsteine aus der Fabrik in Merzig. Antr.: Firma Villeroy & Boch zu Berlin	rothbraun	27	13,5	7	94,50	1710,0³ **1364** 855,0	1710,0³ **1332** 798,0
54	Ziegelsteine aus der Dampfziegelei in Hörne bei Stade von Adolf Somfleth zu Stade	dunkelroth	23,5	11	6,5	258,50	573,6 **477** 331,7	
55	Klinkersteine aus der Dampfziegelei Flümmelse bei Wolfenbüttel von Kreis-Maurermeister Conrad Dauer zu Wolfenbüttel	blaßroth	24,5	12	6,5	294	513,5 **414** 333,8	
56	Ziegelsteine aus der Hochdahler Ringofen-Ziegelei Aktiengesellschaft zu Hochdahl	braunroth	24	12	6,5	288	748,6 **593** 475,5	
57	Klinkersteine; Journ.-Nr. 12242	dunkelgelb	24	11,5	6	276	922,9 **771** 527,6	

[1]) Abnutzung: für den Versuch I: $5{,}3 + 7{,}1 + 5{,}3 + 7{,}6 = 25.3$ g $= \frac{25{,}3}{2{,}090}$ ccm $= 12{,}1$ ccm

„ „ „ II: $7{,}0 + 6{,}4 + 6{,}6 + 8{,}0 = 28{,}0$ g $= \frac{28{,}0}{2{,}090}$ ccm $= 13{,}4$ ccm

[2]) Abnutzung: für den Versuch I: $4{,}5 + 3{,}4 + 3{,}4 + 3{,}7 = 15{,}0$ g $= \frac{15{,}0}{2{,}413}$ ccm $= 6{,}2$ ccm

„ „ „ II: $2{,}0 + 3{,}3 + 2{,}5 + 2{,}5 = 10{,}3$ g $= \frac{10{,}3}{2{,}413}$ ccm $= 4{,}3$ ccm.

7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
festigkeit		Biegungsfestigkeit						Wasseraufnahme			
ausgefroren		freie Länge l in cm $W=\frac{b \cdot h^2}{6}$	lufttrocken		Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohsschen Skala	in 12 Std.	in 125 Std. (satt)	Wetterbeständigkeit, lösliche Salze	Journ.-Nr.
an der Luft	unter Wasser		Belastung P in der Mitte	$K=\frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$							
kg/qcm			kg	kg/qcm	kg			%	%	%	
370,2	368,4	$l=20$	2371,6	140,3	4,075	2,022	8	4,2	4,9	0,028	12082
322	**308**	$W=\frac{12 \cdot 6{,}5^2}{6}=84{,}50$	**2015**	**119**							12089
266,0	269,5		1670,9	98,9							
445,7	458,5				3,495			9,7	10,2	0,080	12094
330	**302**										12098
247,6	205,4										
					2,332						12150
517,3	431,8				3,189			7,3	8,0	0,076	12161
346	**345**										12165
208,6	242,0										

unter 250 kg/qcm. 4/4 Steine.

					3,170						9542
181,9	**185,6**				2,939	1,514	3	23,7	24,7	0,212	9597
168	**168**										9602
129,9	148,5										
					3,653						9612
					2,477						9621
					3,367						9644
273,3	**315,4**				3,590	1,926	4	6,0	6,4	0,320	10182
229	**282**										10188
198,1	168,7										
					3,430						10400
					3,490						10401
					3,520						10618
					3,907						10619
					3,735						10627
					3,222						10701

1.	2.	3.	4.				5.	6.
			Abmessungen				Druck-	
Laufende Nr.	Fabrikationsort resp. Ziegelei	Farbe	Länge	Breite	Höhe	gedrückte Fläche	lufttrocken	wassersatt
			cm			qcm	kg/qcm	
			a) $^3/_4$ Vollziegel mit einer Druck-					
58	$^3/_4$-Ziegelsteine; Journ.-Nr. 11929—11934	braunroth	22,5	10,5	5	236,25	908,0 **670** 499,4	853,5 **702** 387,1
59[1])	Klinker aus der Dampfziegelei von Gebr. Hell zu Kurzenmoor bei Elmshorn in Holstein	grauviolett	21	10,5	5,5	220,5	1071,4 **709** 458,7	1018,9 **706** 529,5
60	Desgl.	violettbraun	21	10,5	5,5	220,5	941,6 **725** 480,7	878,4 **687** 500,2
			b) Vollsteine mit einer Druckfestigkeit					
61	Hartgebrannte Hintermauerungs-Maschinensteine H. aus der Prinzlich-Hohenzollernschen Dampfziegelei zu Gräbendorf	gelb	24,5	11,5	6,5	281,75	392,0 **278** 158,4	
62	Klinker-Maschinensteine aus der Prinzlich-Hohenzollernschen Dampfziegelei zu Gräbendorf	dunkelgelb	24	11	6	264	476,9 **379** 295,4	
63	Mauersteine; Journ.-Nr. 9497—9502	blaßroth	25	12,5	6,5	312,50	382,9 **333** 286,3	376,0 **332** 272,5
64	Ziegelsteine ohne Ursprungsangabe. Antr.: Großherzogl. Baubehörde für die Zellenstrafanstalt Butzbach zu Butzbach in Hessen	unrein roth	25 24,5	11,5 12	6 6	287,50 294,0	410,0 **315** 256,5	
65	Ziegelsteine aus der Dampfziegelei zu Roden, Kreis Saarlouis, Gebr. Regnier zu Roden a. d. Saar gehörig	blaßroth	25	12	6,5	300	431,3 **345** 287,5	377,4 **339** 271,3
66	Ringofensteine aus der Dampfziegelei von Leo Stein & Co. zu Radevormwald	bräunlichroth	25	11,5	6,5	287,50	490,5 **387** 269,6	449,3 **386** 337,0
67	Hintermauerungsziegel I. Klasse aus der Ziegelei Lüttmann in Grembozin Kr. Thorn. Antr.: Kgl. Fortifikation zu Graudenz	blaßroth	24,5	12	6,5	294	383,8 **345** 252,7	381,9 **327** 209,0
68	Ziegelsteine aus der Ringofenziegelei Köln-Sülz, Ziegeleibesitzer H. Braun zu Köln a. Rh. gehörig	braunroth	24	11	6,5	264	489,5 **390** 295,4	
69	Thonsteine ohne Ursprungsangabe. Antr.: Kaliwerke Aschersleben zu Schmidtmannshall bei Aschersleben	röthlich	25	12	6,5	300	412,0 **368** 334,1	
70	Klinker zu Hoffronten aus der zu Nietleben gelegenen Dampfziegelei von Aug. Hensel & Co. zu Halle a. S.	hell gelblich	25	12	6,5	300	412,0 **368** 259,8	
71	Vollsteine zu Kellermauern aus der zu Nietleben belegenen Dampfziegelei von Aug. Hensel & Co. zu Halle a. S.	stumpfroth	25	12	6,5	300	426,9 **347** 274,7	
72	Mauersteine aus der Ziegelei von A. Fender in Schiffmühle bei Freienwalde a. O. Antr.: O. Zucker in Berlin	röthlichgelb	24	11,5	6	276	422,1 **339** 254,0	392,8 **331** 277,5

[1]) Abnutzung: für den Versuch I: $8{,}5 + 6{,}8 + 8{,}5 + 6{,}5 = 30{,}3$ g $= \frac{30{,}3}{2{,}096}$ ccm $= 14{,}5$ ccm

7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
festigkeit		Biegungsfestigkeit			Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohsschen Skala	Wasseraufnahme		Wetterbeständigkeit, lösliche Salze	Journ.-Nr.
ausgefroren		freie Länge l in cm $W=\frac{b\,.\,h^2}{6}$	lufttrocken					in 12 Std.	in 125 Std. (satt)		
an der Luft	unter Wasser		Belastung P in der Mitte	$K=\frac{P\,.\,l}{4\,.\,W}$							
kg/qcm			kg	kg/qcm	kg			%	%	%	
festigkeit über 400 kg/qcm.											
896,7	903,3				2,350	1,907		7,2	7,5	0,116	11929
595	**694**										11934
265,0	482,6										
927,2	846,9	$l=16$	2695,0	204,2	2,517	2,096	9—10	1,9	2,9	0,080	11966
715	**699**	$W=\frac{10{,}5\,.\,5{,}5^2}{6}=52{,}9$	**1700**	**129**							11974
500,2	453,8		1239,7	93,9							
915,0	937,0				2,537	2,033	9	4,6	5,0	0,168	11975
716	**679**										11981
580,7	470,0										
zwischen 400 und 250 kg/qcm. 4/4 Steine.											
					3,145						9456
					3,172						9457
379,5	372,6				3,522	1,804	5	15,6	16,7	0,280	9497
326	**315**										9502
293,2	248,4										
					3,497						9540
395,3	363,0				3,448	1,665	5	14,3	14,8	0,1	9574
337	**337**										9579
269,5	287,5										
460,5	449,3				3,595	1,953	6	8,1	8,9	0,006	9583
364	**349**										9588
295,8	284,5										
					3,410	1,626	—	14,9	15,7	0,440	9614
											9617
					3,545						9625
					3,744						9626
					3,992						9642
					3,594						9643
392,8	375,2				2,915	1,438	5	20,6	21,5	0,328	9654
329	**314**										9659
281,4	234,5										

*) Abnutzung: für den Versuch II: 6,3 + 6,5 + 8,5 + 4,7 = 26,0 g $=\frac{26{,}0}{2{,}096}$ ccm = 12,4 ccm.

1.	2.	3.	4.				5.	6.
			Abmessungen				Druck-	
Laufende Nr.	Fabrikationsort resp. Ziegelei	Farbe	Länge	Breite	Höhe	gedrückte Fläche	lufttrocken	wassersatt
			cm			qcm	kg/qcm	
73	Ziegelsteine; Journ.-Nr. 9660	roth	24,5	11,5	6,5	281,75	475,2 **370** 312,8	
74	Hintermauerungssteine aus der Ziegelei zu Clausdorf von W. Maaß & R. Faßkessel zu Berlin	blaßroth	25	12	6	300	352,6 **295** 241,3	
75	Steine aus der Ziegelei „Neu-Kamann" zu Gr. Besten bei Königs-Wusterhausen von O. Maywald, Charlottenburg	röthlichgelb	26	12,5	6,5	325	371,6 **315** 265,4	398,2 **299** 238,9
76	Ringofensteine aus der Neußer Ringofenziegelei, Heinrich Sels zu Neuß a. Rh.	dunkelbraun	24,5	11,5	6	281,75	439,8 **291** 206,5	359,5 **279** 187,4
77	Ziegelsteine aus der zu Neuland gelegenen Dampfziegelei von H. & W. von Allwörden zu Neuland, Kr. Kehdingen	blaßroth	21	10	6,5	210	336,6 **261** 202,5	265,8 **245** 225,3
78	Mittelbrand-Preßsteine aus der Marienburger Ziegelei und Thonwaarenfabrik (Akt.-Ges.) bei Marienburg in Westpr.	roth	24,5	12	6,5	294	399,8 **321** 264,1	
79	Handstrichsteine aus der Prinzlich-Hohenzollernschen Dampfziegelei Gräbendorf zu Gräbendorf	blaßroth	25	12	6	200	395,3 **257** 143,8	
80	Mauersteine; E. Journ.-Nr. 10191	weißgelb	25	12	6	288	346,3 **257** 172,2	
81	Ziegel I. Klasse der Firma R. Spitta aus der Rittergutsziegelei Streganz bei Prieros	graugelb	24	11,5	6,5	276	390,8 **337** 281,4	465,1 **332** 211,0
82	Klinker aus der in Neuenhagen bei Oberberg gelegenen Ziegelei von W. Rusch zu Berlin, Urbanstraße 179	gelb	24,5	12	6,5	294	410,8 **329** 256,8	
83	Steine I. Klasse aus der Ziegelei Neu-Kamerun von Gustav Seydler zu Neu-Kamerun bei Schneidemühl	röthlichgelb	25,5	12	6,5	306	303,1 **263** 237,9	331,3 **252** 169,2
84	Ziegel; Journ.-Nr. 10512	dunkelgelb	24,5	11,5	6,5	281,75	533,4 **386** 248,6	
85	Ziegelsteine (nicht allzu scharf gebrannt) aus der Thonwaarenfabrik Steutz i. Anh. von W. Golbach zu Roßlau (Anhalt)	weißlichgelb	25	12	6,5	300	337,8 **305** 267,8	
86	Ziegel-(Hintermauerungs-)Steine; desgl.	blaßroth	25,5	12,5	6,5	318,75	321,1 **283** 240,0	
87	Ziegel; Journ.-Nr. 10777—10783	roth	25	12	6,5	300	348,6 **303** 233,6	368,4 **274** 235,4
88	Ringofensteine aus der Ringofen-Ziegelei „Köln-Sülz"	rothbraun	24	11,5	6,5	276	341,9 **258** 220,8	

7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
festigkeit		Biegungsfestigkeit			Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohs'schen Skala	Wasseraufnahme		Wetterbeständigkeit, lösliche Salze	Journ.-Nr.
ausgefroren		freie Länge l in cm $W=\frac{b\,.\,h^2}{6}$	lufttrocken					in 12 Std.	in 125 Std. (satt)		
an der Luft	unter Wasser		Belastung P in der Mitte	$K=\frac{P\,.\,l}{4\,.\,W}$							
kg/qcm			kg	kg/qcm	kg			%	%	%	
350,1	308,9				2,845	1,909	6	12,3	16,8	0,076	10750
222	**239**										10756
112,3	149,8										
					3,290						10757
247,0	242,5				2,507	1,682	5	13,4	14,3	0,016	10800
197	**196**										10806
165,6	140,0										
					3,040						10838
227,3	211,4				3,716	1,754		14,4	15,6	0,261	10920
154	**161**										10925
96,9	109,2										
					2,670						11000
183,3	182,4				3,820	1,809	6	11,3	11,9	0,016	11100
164,0	**158,0**										11106
133,0	125,0										
172,5	197,7				3,135	1,583	5	20,7	21,8	0,568	11223
142	**143**										11229
88,1	84,5										
165,3	131,2				2,433			25,4	27,4	0,542	11248
97	**88**										11252
62,9	44,9										
160,4	162,1				4,599	1,980	5	10,5	11,4	0,448	11259
129	**135**										11265
101,8	106,9										
					2,580						11266
253,4	248,0	$l=18$	1185,8	88,9	2,342	1,764	6	12,5	13,7	0,680	11346
208	**212**	$W=\frac{10\,.\,6^2}{6}=60$	**862**	**65**							11354
169,8	180,6		646,8	48,5							
					3,494						11367
291,1	283,9	$l=20$	2024,1	119,8	4,072	2,200	8	5,2	5,9	0,228	11390
252	**246**	$W=\frac{12\,.\,6{,}5^2}{6}=84{,}50$	**1206**	**71**							11397
199,5	154,5		946,0	56,0							
244,9	232,6	$l=20$	1455,3	79,9	4,230	2,016	6	8,2	9,2	0,208	11398
180	**195**	$W=\frac{12\,.\,6{,}75^2}{6}=91{,}12$	**1036**	**57**							11405
135,7	176,2		754,6	41,4							

*) Abnutzung: für den Versuch II: $15{,}0 + 26{,}3 + 16{,}0 + 9{,}6 = 66{,}9\text{ g} = \frac{66{,}9}{1{,}764}\text{ ccm} = 37{,}9\text{ ccm}$.

1.	2.	3.	4.				5.	6.
			Abmessungen				Druck-	
Laufende Nr.	Fabrikationsort resp. Ziegelei	Farbe	Länge	Breite	Höhe	gedrückte Fläche	lufttrocken	wassersatt
			cm			qcm	kg/qcm	
89 [1])	Ringofensteine (Hartbrand); Journ.-Nr. 10863 bis 10876	stumpfröthlichviolett	24,5	12	6,5	294	344,8 **265** 205,4	313,6 **229** 130,2
90	Ziegelsteine aus der Hiller Ringofen-Ziegelei von B. Peuß & Co. zu Recklinghausen	röthlichgelb	26,5	12,5	6,5	331,25	409,2 **260** 180,3	300,4 **247** 151,0
91	Verblendsteine; Journ.-Nr. 10958—10964	gelb	25	12	6,5	300	456,4 **383** 325,3	404,3 **335** 287,5
92	Backsteine aus der Dampfziegelei Schanzenberg zu Saarbrücken	roth	25	11,5	6,5	287,5	449,3 **357** 299,5	406,2 **349** 292,0
93	Mauersteine; Ursprungsangabe nicht gestattet	stumpfviolett	25	12	6,5	300	442,1 **348** 269,5	436,7 **336** 264,2
94 [2])	Verblendsteine; Journ.-Nr. 11214—11222	roth	25,5	12	6,5	306	447,5 **336** 280,2	414,1 **345** 264,3
95	Schieferthonsteine aus der Dorstfelder Dampfziegelei von H. Schulte, Witten & Co. zu Dorstfeld	braunroth	24,5	11,5	6,5	281,75	449,4 **361** 269,6	401,5 **344** 250,5
96	Ziegelsteine aus der in Eberswalde gelegenen Ziegelei: „Centralfactorei" der Jacob Wolffrem'schen Erben zu Berlin	blaßroth	25	12	6,5	300	422,3 **357** 273,1	
97	Backsteine aus der Dampfziegelei von Gebrüder Fack zu Näherstille bei Schmalkalden	roth	25,5	12	6	306	401,7 **300** 200,9	
98 [3])	Ziegelsteine aus der Niederberger Ringofen-Ziegelei F. Kleinmann zu Pfaffendorf a. Rh.	gelblichroth	24	11,5	6	276	351,7 **296** 244,2	371,3 **295** 222,8
99	Parementziegel ohne Ursprungsangabe. Antr.: Kaiserliche Fortifikation Wilhelmshaven	dunkelroth	22,5	11	5,5	247,50	432,3 **342** 271,8	
100	Hartbrandziegel ohne Ursprungsangabe. Antr.: Kaiserliche Fortifikation Wilhelmshaven	dunkelroth	22	10	5,5	220	475,3 **377** 306,3	
101	Hartbrandsteine aus den Heegermühler Ziegelwerken von Herrmann Maecker zu Heegermühle	weißgelb	24,5	12,5	6,5	306,25	380,6 **315** 220,2	

[1]) Abnutzung: für den Versuch I: $17{,}0 + 24{,}0 + 25{,}8 + 27{,}0 = 93{,}8\ g = \frac{93{,}8}{1{,}587}\ ccm = 59{,}1\ ccm$

„ „ „ II: $11{,}2 + 27{,}3 + 27{,}3 + 37{,}0 = 102{,}8\ g = \frac{102{,}8}{1{,}587}\ ccm = 64{,}8\ ccm.$

Biegungsfestigkeit:

a) Wassersatte Proben:		b) Frost an der Luft:		c) Frost unter Wasser:	
P	K	P	K	P	K
1617,0	95,7	1293,6	76,5	1239,7	73,4
927	55	962,0	57,0	984	58,0
646,8	38,3	835,5	49,4	754,6	44,7

Druckfestigkeit (nach der Beanspruchung durch Feuer). 10 Stück Ziegelsteine wurden 1) in einem Trockenofen eine Stunde vorgewärmt; 2) durch Steinkohlenfeuer drei Stunden auf Dunkelroth-Glühhitze erhalten und hierauf 5 von ihnen an der Luft langsam abgekühlt, die übrigen durch Einsenkung in Wasser plötzlich abgekühlt.

a) An der Luft langsam abgekühlt:	b) Plötzlich im Wasser abgekühlt:
298,9 kg/qcm	221,9 kg/qcm
215 „	186,0 „
163,2 „	132,0 „

7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
festigkeit		Biegungsfestigkeit			Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohsschen Skala	Wasseraufnahme		Wetterbeständigkeit, lösliche Salze	Journal-Nr.
ausgefroren			lufttrocken								
an der Luft	unter Wasser	freie Länge l in cm $W=\frac{b \cdot h^2}{6}$	Belastung P in der Mitte	$K=\frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$				in 12 Std.	in 125 Std. (satt)		
kg/qcm			kg	kg/qcm	kg			%	%	%	
294,3	267,8	$l=20$	1347,5	68,8	4,160	1,995	7	7,1	8,2	0,320	11406
248	**230**	$W=\frac{12 \cdot 7^2}{6}=98$	**974**	**50**							11413
179,7	195,6		808,5	41,3							
					3,757						11422
					5,030						11433
260,8	264,3				3,100	1,434	6	17,8	19,5	0,720	11495
212	**213**										11501
174,4	172,7										
117,3	106,9				3,700	1,801	5	10,1	11,0	0,100	11531
100	**92**										11537
77,6	72,4										
					3,430						11591
					2,755						11712
					2,295						11758
					3,870						11772
					2,447						11777
					2,540						11845
					3,690						11887
					3,655						11898
136,6	129,4				2,740	1,688	5	26,8	27,1	0,420	11920
94	**94**										11926
66,5	71,9										
257,0	264,2				3,825	1,936	6	9,4	10,4	0,112	11935
215	**223**										11941
161,7	188,7										
285,7	260,6				3,630	2,052	7	8,0	9,0	0,196	11942
214	**230**										11948
159,9	201,3										
					2,875			20,6	21,4	4,408	12072
											12073

1.	2.	3.	4.				5.	6.
			Abmessungen				Druck-	
Laufende Nr.	Fabrikationsort resp. Ziegelei	Farbe	Länge	Breite	Höhe	gedrückte Fläche	lufttrocken	wassersatt
			cm			qcm	kg/qcm	
102	Mauersteine; Journ.-Nr. 11634—11640	roth	24	11,5	6	276	447,5 **336** 220,8	412,4 **312** 218,8
103	Ziegelsteine aus der Dauer'schen Ziegelei bei Fümmelse, Kreis Wolfenbüttel. Antr.: Städtische Bau-Verwaltung zu Wolfenbüttel	dunkelroth	18,5	12	6,75	213,5	318,2 **266** 190,9	333,2 **244** 187,2
104	Ziegelsteine; Ursprungsangabe nicht gestattet	braunroth	24	11	6,5	264	539,1 **373** 267,5	
105	Ziegelsteine; Ursprungsangabe nicht gestattet	roth	25	12	6,5	300	327,1 **259** 201,3	
106	Ziegelsteine ohne Ursprungsangabe. Antr.: Kaiserliche Fortifikation zu Wilhelmshaven	roth	22	10,5	6,5	231	387,0 **264** 217,0	
107	Desgl.	blaßroth	21,5	10,5	6,5	225,75	363,3 **255** 172,1	
108	Ziegelsteine aus der Ziegelei von H. v. Borstel zu Drochtersen, Provinz Posen	roth	21	10,5	6,5	220,50	317,7 **253** 212,6	
109	Hartbranntziegel ohne Ursprungsangabe. Antr.: Kaiserliche Fortifikation zu Wilhelmshaven	roth	22	11	5,5	242	365,2 **259** 155,9	
110	Ziegelsteine aus der Ziegelei von Chr. Tiedemann zu Behlendorf bei Ratzeburg	roth	25	12	6,5	300	357,6 **286** 231,8	373,8 **277** 215,6
111	Ziegelsteine ohne Ursprungsangabe. Antr.: Kaiserliche Fortifikation zu Wilhelmshaven	blaßroth	22	10,5	5,5	231	438,0 **327** 205,3	
112	Desgl.	roth	22	10,5	5,5	231	447,1 **356** 280,0	
113	Desgl.	roth	22	10,5	5,5	231	403,1 **340** 265,9	
114	Mauersteine aus der Ziegelei in Marienthal (Mark) von Blumenfeld & Herzberg zu Berlin	röthlich-gelb	24	11,5	6,5	276	312,6 **263** 213,0	271,6 **245** 205,2
115	Mauersteine; Ursprungsangabe nicht gestattet	bräunlich-grau	25	12	6,5	300	652,0 **399** 264,2	531,9 **318** 233,6
116	Mauersteine; Journ.-Nr. 11949—11955	gelblich	25	12	6,5	300	348,1 **284** 240,0	299,1 **256** 206,2
117	Ziegelsteine; Journ.-Nr. 11989—11993	blaßroth	25	12	6,5	300	490,6 **345** 152,7	503,1 **307** 165,3
118[1])	Ziegelsteine aus dem Ziegelwerke von Franz Kneisler & Co. zu Ueckermünde	blaßroth	24	11,5	6	276	375,2 **295** 242,3	365,5 **282** 238,4

[1]) Druckfestigkeit (nach Beanspruchung durch Feuer). 10 Stück Ziegelsteine wurden 1) in einem Trockenofen eine Stunde vorgewärmt; 2) drei Stunden durch Steinkohlenfeuer auf Dunkelroth-Glühhitze erhalten und hierauf 5 von ihnen an der Luft langsam, die übrigen durch Einsenkung in Wasser plötzlich abgekühlt.

7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
festigkeit		Biegungsfestigkeit			Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohs'schen Skala	Wasseraufnahme		Wetterbeständigkeit, lösliche Salze	Journ.-Nr.
ausgefroren		freie Länge l in cm $W = \frac{b \cdot h^2}{6}$	lufttrocken								
an der Luft	unter Wasser		Belastung P in der Mitte	$K = \frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$				in 12 Std.	in 125 Std. (satt)		
kg/qcm			kg	kg/qcm	kg			%	%	%	
449,4	431,8				3,280	1,841	7	7,9	8,9	0,060	11634
319	**332**										11640
201,3	218,8										
307,0	318,2				2,956			7,0	7,7	0,128	11717
237	**263**										11721
179,7	213,4										
					3,720						11759
					3,970						11771
					2,600						11776
					2,460						11778
					2,515						11779
					2,500						11780
355,8	303,7				3,505	1,861	6	11,9	12,4	0,148	11831
282	**259**										11837
226,4	233,6										
					2,310						11846
					2,490						11847
					2,482						11848
293,1	273,6				2,856	1,722	4	16,7	17,6	0,192	11889
251	**236**										11895
166,1	185,6										
557,1	427,7				3,793	2,053	7	4,2	5,3	0,060	11913
376	**324**										11919
262,4	233,6										
289,0	300,8				3,165	1,644	6	22,9	23,9	0,140	11949
241	**243**										11955
221,4	200,8										
413,3	505,0				3,820			15,0	15,9	0,156	11989
295	**328**										11993
181,5	235,4										
320,5	293,1				3,180	1,707	5—6	14,3	15,4	0,120	12013
276	**263**										12021
218,8	211,0										

a) Langsam an der Luft abgekühlt { 371,3 kg/qcm; **291** „; 244,2 „ }

b) Plötzlich im Wasser abgekühlt { 297,0 kg/qcm; **261** „; 216,9 „ }

1.	2.	3.	4.				5.	6.
			Abmessungen				Druck-	
Laufende Nr.	Fabrikationsort resp. Ziegelei	Farbe	Länge	Breite	Höhe	gedrückte Fläche	lufttrocken	wassersatt
			cm			qcm	kg/qcm	
119	Ziegelsteine aus dem Verblendsteinwerk „Buchwäldchen" bei Calau von Evers & Klapper zu Berlin	dunkelgelb	25	12	6,5	300	422,3 **328** 253,4	368,4 **311** 244,4
120	Ziegelsteine aus der Dampfziegelei in Rohrsen von Adolf Jacke zu Hannover	roth	24,5	12	6,5	294	440,2 **333** 271,4	443,8 **321** 179,7
121	Ziegelsteine ohne Ursprungsangabe. Antr.: Kaiserliche Fortifikation zu Wilhelmshaven	dunkelroth	22,5	10,5	5,5	236,25	382,5 **285** 170,8	
122	Ziegelsteine (Handstrichsteine); Ursprungsangabe nicht gestattet	blaßroth	23,5	11	6	258,50	521,5 **365** 233,6	496,5 **344** 244,1
	c) Vollsteine mit einer Druckfestigkeit							
123	Ziegelsteine ohne Ursprungsangabe. Antr.: Großherzogl. Baubehörde für die Zellenstrafanstalt Butzbach zu Butzbach in Hessen	unrein roth	24	11	6	264	295,4 **242** 168,7	
124	Ziegel aus der zu Samplawa gelegenen Ziegelei des Rittergutsbesitzers von der Meden zu Samplawa	schwach röthlichgelb	25	12	6	300	207,9 **176** 152,2	222,0 **178** 148,5
125	Ziegel; Journ.-Nr. 9612	roth	25	12	6,5	300	237,6 **207** 187,5	
126	Backsteine ohne Angabe über den Ursprung. Antr.: Ziegeleibesitzer F. Anton Hurst zu Achenheim	gelb	24,5	11,5	6	281,75	277,2 **208** 133,8	
127	Poröse Hintermauerungssteine aus der zu Nietleben belegenen Dampfziegelei von Aug. Hensel & Co. zu Halle a. S.	roth	25	12	6,5	300	232,0 **181** 129,9	
128	Hartbrandsteine aus der bei Ziltendorf gelegenen Ziegelei von J. Maaß zu Berlin	blaßroth	24,5	12	6	294	297,1 **248** 203,6	295,3 **234** 199,9
129	Hintermauerungssteine; Ursprungsangabe nicht gestattet	röthlichgelb	25	12	6,5	300	204,9 **145** 100,6	
130	Hartbrandsteine; desgl.	röthlichgelb	24,5	12	6,5	294	297,1 **226** 166,9	
131	¼-Vollsteine ohne Angabe über den Ursprung. Antr.: Königl. Fortifikation zu Wesel	blaßroth	25	12	6,5	300	282,1 **239** 185,1	
132	Desgl.	blaßroth	profilirt			300	197,7 **168** 131,2	
133	Gewölbeziegel ohne Angabe über den Ursprung. Antr.: Königl. Fortifikation zu Wesel	roth	profilirt			300	368,4 **209** 115,0	
134	Feldbrandziegel; Journ.-Nr. 10701	gelblichroth	25	12	6,5	300	179,7 **182** 71,9	

7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
festigkeit		Biegungsfestigkeit									
ausgefroren			lufttrocken					Wasseraufnahme			
an der Luft	unter Wasser	freie Länge l in cm $W=\frac{b \cdot h^2}{6}$	Belastung P in der Mitte	$K=\frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$	Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohsschen Skala ritzt zuerst	in 12 Std.	in 125 Std. (satt)	Wetterbeständigkeit, lösliche Salze	Journ.-Nr.
kg/qcm			kg	kg/qcm	kg			%	%	%	
370,2	368,4	$l=20$	2371,6	140,3	4,075	2,022	8	4,2	4,9	0,028	12082
322	**308**	$W=\frac{12 \cdot 6{,}5^2}{6}=84{,}50$	**2015**	**119**							12089
266,0	269,5		1670,9	98,9							
445,7	458,5				3,495			9,7	10,2	0,080	12094
330	**302**										12098
247,6	205,4										
					2,332						12150
517,3	431,8				3,189			7,3	8,0	0,076	12161
346	**345**										12165
208,6	242,0										

unter 250 kg/qcm. 4/4 Steine.

					3,170						9542
181,9	185,6				2,939	1,514	3	23,7	24,7	0,212	9597
168	**168**										9602
129,9	148,5										
					3,653						9612
					2,477						9621
					3,367						9644
273,3	315,4				3,590	1,926	4	6,0	6,4	0,320	10182
229	**232**										10188
198,1	168,7										
					3,430						10400
					3,490						10401
					3,520						10618
					3,907						10619
					3,735						10627
					3,222						10701

1.	2.	3.	4.				5.	6.
			Abmessungen				Druck-	
Laufende Nr.	Fabrikationsort resp. Ziegelei	Farbe	Länge	Breite	Höhe	gedrückte Fläche	lufttrocken	wassersatt
			cm			qcm	kg/qcm	
135	Ziegelsteine aus der in der Gemarkung Niederberg gelegenen Ziegelei von M. Mostert zu Koblenz	stumpfviolett	25	11,5	6	287,5	320,1 **235** 177,8	333,2 **231** 116,1
136	Ziegelsteine; Journ.-Nr. 10757	stumpfdunkelviolett	25	12	6,5	300	174,3 **131** 91,6	
137	Mauersteine aus der in der Feldmark Leeswig belegenen Maschinen-Ziegelei der Herren Meyer & Wettern zu Leeswig bei Cranz a. d. Elbe	roth	22	10,5	6,5	231	249,6 **201** 159,4	242,3 **199** 144,6
138	Ringofensteine aus der Ringofenziegelei in „Köln-Rhiel" von J. Priel zu Mülheim a. Rhein	stumpfdunkelviolett	24	11,5	6,5	276	293,1 **239** 175,9	
139	Mauersteine; Journ.-Nr. 10920—10925	roth	25,5	12	6,5	306	229,1 **167** 125,1	243,2 **156** 105,7
140	Ziegelsteine; Journ.-Nr. 11000	schmutziggelb	25	12	6,5	300	107,8 **58** 27,0	
141	Ziegelsteine aus der Ringofenziegelei „Heilsberg" zu Heilsberg	roth	25	12	6,5	300	181,5 **157** 121,3	214,7 **167** 125,0
142	Mauersteine aus der Ziegelei von H. Engelhardt zu Germersdorf bei Guben	blaßroth	25	12	6,5	300	195,9 **151** 98,8	231,8 **148** 100,6
143	Mauersteine; Journ.-Nr. 11248—11252	blaßroth	25	12	6	300	142,0 **101** 62,9	158,1 **98** 61,1
144	Ziegelsteine aus der Ziegelei von J. Farnsteiner zu Urszpiaunen	roth	26	12	7	312	163,9 **131** 98,3	143,2 **125** 75,9
145	Ziegelsteine; Ursprungsangabe nicht gestattet	weißlichgelb	24,5	12	6,5	294	238,4 **198** 152,2	
146 [1])	Desgl.	blaßroth	21	10	6	210	258,8 **209** 175,2	237,2 **201** 169,8
147	Mauerziegel aus der Ziegelei von Theodor Baehr zu Atterwasch bei Guben	blaßroth	25	12	6,5	300	251,6 **242** 163,5	
148	Ziegelsteine eigener Fabrikation aus Schiefer und Lehm. Antr.: Verwaltung des Steinkohlen-Bergwerks „Rheinpreußen" Zeche Rheinpreußen zu Homberg a. Rh.	braun	25	12	6,5	300	280,3 **235** 172,5	269,5 **231** 181,5
149	Ziegelsteine eigener Fabrikation aus Sandstein und Schiefer. Antr.: dieselbe	blaßroth	25,5	12	6,75	306	303,1 **211** 158,6	232,6 **179** 151,5

[1]) Abnutzung: für den Versuch I: $24{,}3 + 21{,}8 + 17{,}8 + 11{,}7 = 75{,}6$ g $= \frac{75{,}6}{1{,}764}$ ccm $= 42{,}9$ ccm

7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
festigkeit		Biegungsfestigkeit			Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohs'schen Skala ritzt zuerst	Wasseraufnahme		Wetterbeständigkeit, lösliche Salze	Journ.-Nr.
ausgefroren		freie Länge l in cm $W=\frac{b \cdot h^2}{6}$	lufttrocken								
an der Luft	unter Wasser		Belastung P in der Mitte	$K=\frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$				in 12 Std.	in 125 Std. (satt)		
kg/qcm			kg	kg/qcm	kg			%	%	%	
350,1	308,9				2,845	1,909	6	12,3	16,8	0,076	10750
222	**239**										10756
112,3	149,8										
					3,290						10757
247,0	242,5				2,507	1,682	5	13,4	14,3	0,016	10800
197	**196**										10806
165,6	140,0										
					3,040						10838
227,3	211,4				3,716	1,754		14,4	15,6	0,261	10920
154	**161**										10925
96,9	109,2										
					2,670						11000
183,3	182,4				3,820	1,809	6	11,3	11,9	0,016	11100
164,0	**158,0**										11106
133,0	125,0										
172,5	197,7				3,135	1,583	5	20,7	21,8	0,568	11223
142	**143**										11229
88,1	84,5										
165,3	131,2				2,433			25,4	27,4	0,542	11248
97	**88**										11252
62,9	44,9										
160,4	162,1				4,599	1,980	5	10,5	11,4	0,448	11259
129	**135**										11265
101,8	106,9										
					2,580						11266
253,4	248,0	$l=18$	1185,8	88,9	2,342	1,764	6	12,5	13,7	0,680	11346
208	**212**	$W=\frac{10 \cdot 6^2}{6}=60$	**862**	**65**							11354
169,8	180,6		646,8	48,5							
					3,494						11367
291,1	283,9	$l=20$	2024,1	119,8	4,072	2,200	8	5,2	5,9	0,228	11390
252	**246**	$W=\frac{12 \cdot 6{,}5^2}{6}=84{,}50$	**1206**	**71**							11397
199,5	154,5		946,0	56,0							
244,9	232,6	$l=20$	1455,3	79,9	4,230	2,016	6	8,2	9,2	0,208	11398
180	**195**	$W=\frac{12 \cdot 6{,}75^2}{6}=91{,}12$	**1036**	**57**							11405
135,7	176,2		754,6	41,4							

[1]) Abnutzung: für den Versuch II: $15{,}0 + 26{,}3 + 16{,}0 + 9{,}6 = 66{,}9\ g = \frac{66{,}9}{1{,}764}\ ccm = 37{,}9\ ccm$.

1.	2.	3.	4.				5.	6.
			Abmessungen				Druck-	
Laufende Nr.	Fabrikationsort resp. Ziegelei	Farbe	Länge	Breite	Höhe	gedrückte Fläche	lufttrocken	wassersatt
			cm			qcm	kg/qcm	
150	Ziegelsteine eigener Fabrikation aus Sandstein, Schiefer und Lehm. Antr.: Verwaltung des Steinkohlen-Bergwerks „Rheinpreußen" Zeche Rheinpreußen zu Homberg a. Rhein	bräunlichroth	25,5	12	7	306	269,6 **225** 185,0	262,5 **223** 186,8
151	Mauersteine; Journ.-Nr. 11422	roth	25	12	6,5	300	194,5 **164** 133,0	
152	Mauerziegel aus altem Mauerwerk des Gymnasiums zu Jauer. Antr.: Königl. Kreisbauinspektor Baurath Jahn zu Liegnitz	blaßroth	29,5	14,5	6	213,88	115,9 **88** 60,5	
153	Mauersteine; Ursprungsangabe nicht gestattet	blaßroth	25,5	12	7	306	297,8 **242** 167,4	281,9 **218** 156,8
154	Ziegelsteine aus der Ziegelei von F. W. Stürkow zu Freudshof bei Deutsch-Eilau	hellroth	25	12,5	6,5	312,15	155,2 **121** 96,6	138,0 **112** 91,4
155	Hartbrandsteine; Journ.-Nr. 11591	weißgelb	25,5	12,5	6,5	318,75	229,8 **203** 162,2	
156	Hintermauerungs-Hand-steine. Antr.: Vereinigte Speyerer Ziegelwerke A.-G. zu Speyer a. Rh.	graugelb	25	12	6,5	300	194,1 **153** 98,8	
157	Ziegelsteine; Journ.-Nr. 11758	blaßroth	21	10	6	210	164,5 **130** 116,4	
158	Ziegelsteine; Journ.-Nr. 11772	dunkelroth	25	12,5	6,5	312,5	143,2 **110** 88,0	
159	Ziegelsteine ohne Ursprungsangabe. Antr.: Kaiserliche Fortifikation zu Wilhelmshaven	blaßroth	21,5	10,5	6,5	225,75	286,8 **236** 198,3	
160	Desgl.	blaßroth	22	10,5	6,5	231	300,5 **221** 175,0	
161	Ziegelsteine. Antr.: R. Breustedt zu Hannover	roth	25	12	6,5	300	319,9 **212** 163,5	
162	Ziegelsteine aus der Ziegelei von Ihßen in Rethen. Antr.: Königl. Regierungs-Baumeister Strauß zu Hannover	roth	25	12,5	6,5	312,50	243,2 **209** 163,9	
163	Hintermauerungssteine; Journ.-Nr. 11920—11926	blaßroth	25	12	6,5	300	156,3 **99** 70,1	138,4 **86** 62,9
164	Verblendsteine aus der Gräflich von Finkensteinschen Dampfziegelei Dom. Ziebingen a. d. Oder. Antr.: Oscar Zucker zu Berlin	dunkelroth	25	12	6,5	300	285,7 **218** 176,1	240,8 **210** 174,3
165	Verblendklinker aus der Gräflich von Finkensteinschen Dampfziegelei Dom. Ziebingen a. d. Oder. Antr.: Oscar Zucker zu Berlin	dunkelroth	25	12	6,5	300	255,2 **231** 181,5	269,5 **226** 165,3
166	Ziegelsteine; Ursprungsangabe nicht gestattet	blaßroth	24,5	12	6,5	294	245,8 **202** 154,1	

7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
festigkeit		Biegungsfestigkeit									
ausgefroren			lufttrocken								
an der Luft	unter Wasser	freie Länge l in cm $W=\frac{b \cdot h^2}{6}$	Belastung P in der Mitte	$\kappa=\frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$	Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohsschen Skala	Wasseraufnahme		Wetterbeständigkeit, lösliche Salze	Journ.-Nr.
								in 12 Std.	in 125 Std. (satt)		
kg/qcm			kg	kg/qcm	kg			%	%	%	
377,8	311,8				2,950	1,582	4—5	23,0	24,5	0,140	9870
291	**285**										9876
220,1	231,1										
352,2	363,0				2,802	1,545	4	22,4	23,4	0,188	9937
305	**281**										9943
266,0	208,5										
					4,565						10074
					3,925						10232
511,0	493,4				3,607	1,843	7	8,7	9,3	0,024	10425
438	**452**										10431
380,6	377,1				2,730						
					3,762			10,5	11,4	0,036	11435
					3,250						11604
					2,930						11713
					3,495						11908
					3,770						11908
354,3	417,6				3,033	2,101	8—9	2,9	3,7	0,048	12045
299	**291**										12052
260,7	250,6										
468,1	424,9				3,372			4,9	5,3	0,080	12141
367	**365**										12145
295,5	302,0										
					3,550						12233

Steine.

836,4	**738,0**				0,845	2,092	9	1,9	3,0	0,028	10372
622	**615**										10378
434,6	**524,8**										

1.	2.	3.	4.				5.	6.
			Abmessungen				Druck-	
Laufende Nr.	Fabrikationsort resp. Ziegelei	Farbe	Länge	Breite	Höhe	gedrückte Fläche	lufttrocken	wassersatt
			cm			qcm	kg/qcm	
								I. β. Poröse
167	Poröse Vollsteine aus der Ziegelei der Grube Hermine bei Bitterfeld. Antr.: Ernst Scheldt zu Berlin	gelblich	24	11	6	264	238,9 **174** 142,9	
168	Poröse Vollsteine aus dem Muldensteiner Werke bei Bitterfeld, H. Meisel zu Muldenstein	röthlich-gelb	24,5	12	6,5	294	55,0 **46** 33,0	
169	Desgl.	dunkelgelb	24	11,5	6,5	276	175,9 **151** 119,2	
170	Poröse Vollsteine; Ursprungsangabe nicht gestattet	blaßroth	24,5	11,5	6,5	281,75	290,6 **218** 177,8	
171	Poröse Vollsteine; Journ.-Nr. 11861	röthlich-gelb	25	12	6,5	300	125,0 **74** 53,9	
172	Poröse Vollsteine aus der Prinzlich Hohenzollernschen Dampfziegelei Gräbendorf zu Gräbendorf	blaßroth	25	12	6,5	300	143,8 **100** 53,9	
								II. α. Hohl-
								a) Mit Langlöchern.
173	4/4-Hohlziegel mit zwei horizontalen Löchern von je 2,75 × 2,5 cm aus der Fabrik von Fried. Hoffmann zu Groß-Räschen (Niederlausitz)	blaßroth	25	12	6,5	300	91,6 **70** 48,7	
174	4/4-Hohlziegel mit zwei horizontalen Löchern von je 3½ cm Durchmesser; Journ.-Nr. 11862	röthlich-gelb	24,5	12	6,5	294	55,0 **48** 40,3	
175	4/4-Lochziegel mit zwei horizontalen Löchern von je 2,25 cm Durchmesser; Journ.-Nr. 11910	blaßroth	24,5	12	6,5	294	163,2 **113** 69,5	
176	4/4-Hohlziegel (Doppellochsteine) mit vier horizontalen Löchern von je 4,75 × 4 cm; Journ.-Nr. 12166	roth	25,5	12,5	14	318,75	50,7 **37** 23,0	
								1/2
177[1])	Blendsteine aus der Marienburger Ziegelei und Thonwaarenfabrik (Akt.-Ges.) zu Marienburg	roth	12	12	7	144	262,1 **222** 179,7	
178[1])	½(Verblendsteine) Hohlziegel mit zwei horizontalen Löchern von je 2,4 × 2,2 cm aus der Dampfziegelei und Verblendsteinfabrik in Heidingsfeld von Georg Siegler zu Würzburg	dunkelroth	12	12	6,5	144	471,7 **413** 355,7	498,0 **413** 337,0
179[1])	Desgl.	lederfarben	12	12	6,5	144	280,8 **255** 220,9	295,8 **244** 190,9
180	Verblendsteine mit zwei horizontalen Löchern von je 2,5 × 2 cm; Journ.-Nr. 11271—11277	roth	11,5	11,5	6	132,25	293,6 **253** 224,2	333,6 **243** 184,0

[1]) Die an den Ziegeln befindlichen Vertiefungen zur Mörtelaufnahme wurden drei Tage vor der Prüfung mit Cement

.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
gkeit		Biegungsfestigkeit			Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohsschen Skala ritzt zuerst	Wasser-aufnahme		Wetter-beständigkeit, lösliche Salze	Journ.-Nr.
isgefroren		freie Länge l in cm $W = \frac{b \cdot h^2}{6}$	lufttrocken								
der ft	unter Wasser		Belastung P in der Mitte	$K = \frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$				in 12 Std.	in 125 Std. (satt)		
kg/qcm			kg	kg/qcm	kg			%	%	%	
steine.											
					2,222						10214
					1,860						11529
					2,250						11578
					2,860						11756
					2,028						11861
					2,475						9928
ne.											
Steine.											
					2,395						11757
					1,661						11862
					3,460						11910
					4,660						12166
ine.											
					1,450						10111
5,5	516,7				1,665	2,079	8	2,9	3,4	0,100	10252 / 10258
5	**408**										
2,0	325,7										
4,6	329,5				1,785	2,042	6	4,2	4,4	0,076	10259 / 10265
1	**237**										
6,0	168,5										
0,0	310,0				1,420	2,096	7	7,5	7,9	0,068	11271 / 11277
7	**249**										
8,2	176,0										

efüllt.

1.	2.	3.	4.				5.	6.
			Abmessungen				Druck-	
Laufende Nr.	Fabrikationsort resp. Ziegelei	Farbe	Länge	Breite	Höhe	gedrückte Fläche	luftrocken	wassersatt
			cm			qcm	kg/qcm	
181	Blendsteine mit einem horizontalen runden Loch von 2,5 cm Durchmesser; Journ.-Nr. 11279—11285	gelb	12	6	6,5	72	187,5 **159** 127,5	195,0 **146** 120,0
182	Verblendsteine mit zwei horizontalen Löchern von je 2,25 cm × 2 cm aus March's Dampfziegelei Beuel a. Rh. zu Beuel b. Bonn	gelb	12,25	12,25	6,75	150	204,9 **159** 125,8	161,7 **141** 123,6
183	Desgl.	roth	12	12	6,75	144	164,7 **139** 121,0	153,5 **136** 123,6
184 [1])	Verblendsteine mit zwei horizontalen Löchern von je 2,5 × 2 cm. Antr.: Burggräflich zu Dohna'sches Rentamt Mallmitz zu Mallmitz bei Sprottau	gelb	12	12	7	144	194,7 **162** 142,3	179,7 **154** 123,6
185	Verblendsteine mit zwei horizontalen Löchern von je 2,5 × 2 cm aus der Gail'schen Dampfziegelei und Thonwaarenfabrik zu Gießen	hellledergelb	12	11,5	6,5	138	429,0 **346** 253,5	448,5 **332** 249,6
								1/4
186	1/4 Hohlsteine; Journ.-Nr. 9419—9424	gelb	12	6,2	7	74,4	400,8 **325** 200,4	359,3 **281** 234,9
187	Verblendsteine mit einem horizontalen Loche von 2 × 2,4 cm aus dem Thonwerk Witterschlick bei Bonn von Servais & Co.	dunkelroth	12	6,5	7	78	352,4 **304** 255,7	331,7 **285** 234,9
188	Verblendsteine mit einem horizontalen Loche von 2 × 2 cm aus der Dampfziegelei Süßen von Gustav Kuntze zu Süßen (Württemberg)	lederfarben	12	6	6,5	72	[2]) 465,0 **404** 315,0	465,0 **394** 330,0
189	Verblendsteine mit einem Loche von 2,3 × 2 cm aus der Fabrik zu Hangelaar bei Beuel a. Rh. der Bonner Verblendstein- und Thonwaarenfabrik, Akt.-Ges., zu Bonn	rothbraun	12	6	7	72	240,0 **191** 157,5	225,0 **180** 142,5
190	Verblendsteine mit einem horizontalen Loche von je 2,8 × 2,5 cm aus den Pfälzischen Thonwerken, Akt.-Ges., zu Neustadt a. d. Haardt	roth	12	7	7	84	[2]) 475,1 **270** 179,8	301,7 **249** 186,2
191	Verblendsteine mit einem horizontalen Loche von 2,7 × 2,7 cm aus den Pfälzischen Thonwerken, Akt.-Ges., zu Neustadt a. d. Haardt	gelb	12,5	7	6,75	87,5	[2]) 347,2 **308** 260,4	372,0 **303** 248,0
192	Verblendsteine mit einem horizontalen Loche von 2,5 × 2 cm aus der Ziegelei von Georg Altmann zu Tippelskirchen bei Calbe a. S.	roth	12	6	7	72	[2]) 307,5 **279** 255,0	303,5 **280** 187,5
193	Verblendsteine; Journ.-Nr. 10882—10888	roth	12	6	7	72	[2]) 266,5 **195** 154,0	172,5 **144** 110,5
194	Verblendsteine; Journ.-Nr. 10889—10895	lederfarben	12	6	7	72	[2]) 161,5 **122** 101,5	163,5 **119** 93,0
195	Verblendsteine; Ursprungsangabe nicht gestattet	gelb	12	6,75	6,75	81	131,5 **119** 97,4	127,4 **103** 80,6

[1]) Druckfestigkeit (nach Beanspruchung durch Feuer). 10 Steine wurden 1) in einem Trockenofen eine Stunde vorgewärmt; 2) drei Stunden durch Steinkohlenfeuer auf Hellroth-Glühhitze erhalten und hierauf fünf von ihnen an der Luft langsam, die übrigen durch Einsenkung in Wasser plötzlich abgekühlt.

a) Langsam an der Luft abgekühlt { 176,0 kg/qcm; 151 „; 134,8 „ }

b) Plötzlich im Wasser abgekühlt { 187,2 kg/qcm; 159 „; 131,0 „ }

7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
festigkeit		Biegungsfestigkeit						Wasseraufnahme			
ausgefroren			lufttrocken								
an der Luft	unter Wasser	freie Länge l in cm $W=\frac{b \cdot h^2}{6}$	Belastung P in der Mitte	$K=\frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$	Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohs'schen Skala ritzt zuerst	in 12 Std.	in 125 Std. (satt)	Wetterbeständigkeit, lösliche Salze	Journ.-Nr.
kg/qcm			kg	kg/qcm	kg			%	%	%	
197,8	172,5				0,895	2,097	7	4,6	4,8	0,040	11279
152	**130**										11285
118,2	101,7										
190,5	186,9				1,890	2,123	8	2,2	2,5	0,088	11329
153	**146**										11335
120,0	115,0										
161,0	142,3				1,810	2,126	7	3,9	4,4	0,080	11336
135	**132**										11342
121,5	119,8										
187,2	187,2				1,687	2,202	9	2,7	3,7	0,036	11762
156	**157**										11769
134,8	127,3										
370,5	436,8				1,704	2,113	9	1,0	2,2	0,044	12053
310	**327**										12059
222,3	218,4										
Steine.											
338,6	**414,6**				0,937	2,095	7	2,5	3,5	0,032	9419
252	**269**										9424
172,7	207,3										
324,8	304,0				0,963	1,898	7	5,6	6,5	0,084	9750
276	**272**										9756
228,0	214,2										
502,5	**427,5**				0,932	2,241	8	2,7	3,4	0,036	9951
380	**367**										9957
292,5	307,5										
225,0	232,5				0,929	2,074	9	3,4	4,0	0,028	10005
188	**197**										10011
142,5	142,5										
333,8	288,9				1,010	1,995	6	6,6	7,1	0,092	10150
289	**223**										10156
141,2	134,8										
341,0	372,2				0,995	2,163	7	3,8	4,0	0,080	10157
277	**296**										10163
136,4	198,4										
240,0	217,5				0,824	1,996	6	4,9	5,3	0,044	10620
188	**181**										10626
157,5	150,0										
196,5	262,5				0,840	1,804	6	11,4	12,4	0,044	10882
156	**175**										10888
112,0	114,0										
161,0	126,5				0,800	1,746	5	12,7	13,8	0,060	10889
115	**111**										10895
89,5	92,0										
131,1	127,7				0,934	1,982	6	10,1	10,7	0,044	11199
112	**105**										11205
98,5	94,0										

[3]) Die an den Ziegeln befindlichen Vertiefungen zur Mörtelaufnahme wurden bei sämmtlichen zu den Druckversuchen benutzten Ziegeln drei Tage vor der Prüfung mit Mörtel aus reinem Cement ausgefüllt.

1.	2.	3.	4.				5.	6.
			Abmessungen				Druck-	
Laufende Nr.	Fabrikationsort resp. Ziegelei	Farbe	Länge	Breite	Höhe	gedrückte Fläche	luftrocken	wassersatt
			cm			qcm	kg/qcm	
196	Hohlsteine mit einem horizontalen Loche von 2,5 × 2 cm aus der Ziegelei „Hainstadt" von Philipp Holzmann & Co. zu Frankfurt a. M.	gelb	12	6	6,75	72	397,5 **275** 165,0	300,0 **234** 127,5
197	Hohlsteine mit einem horizontalen Loche von 2,5 × 2 cm aus der Ziegelei „Gehespitz" von Philipp Holzmann & Co. zu Frankfurt a. M.	roth	12	6	6,75	72	292,5 **200** 150,0	247,5 **183** 135,0
198	1/4-Lochverblendsteine mit einem horizontalen Loche von 3 × 2 cm aus der Zernsdorfer Verblendstein-Fabrik von C. Schilling zu Berlin	ledergelb	12	5,5	7	66	229,6 **189** 131,2	237,8 **165** 121,0
199	1/4-Hohlziegel mit einem horizontalen Loche von 2,3 × 2 cm aus der Verblendsteinfabrik der mechanischen Sorau vorm. F. A. Martin & Co. zu Kunzendorf bei Sorau (Niederlausitz)	mittelroth	11,5	5	6,5	57,5	450,0 **365** 290,5	520,0 **345** 243,7
							b) Mit Querlöchern.	
200	Hohlziegel mit vier horizontalen Querlöchern von 1,5 cm Durchmesser. Antr.: Kaiserliche Fortifikation zu Wilhelmshaven	braunroth	22,5	11	5	247,5	664,0 **522** 378,8	
201	Querlochsteine mit 14 Vertikal-Löchern von je durchschnittlich 1,5 cm Durchmesser aus dem Friedrichsruher Thonwerk bei Reinbek	roth	25	12	6,5	300	327,1 **291** 237,3	355,8 **279** 226,4
							II. β. Poröse	
202	Langgelochte poröse Hohlziegel mit 2 Löchern von je 3,7 cm Durchmesser; Journ.-Nr. 9544—9549	gelb	25	12,5	6,5	312,50	90,8 **70** 53,4	71,2 **58** 49,8
203	Poröse Lochsteine mit 2 horizontalen Löchern von je 2,5 cm Durchmesser von Ernst Scheldt zu Berlin	blaßroth	24	12	6	288	99,2 **83** 58,0	
204	Poröse Lochsteine mit 2 horizontalen Löchern von je 4 cm Durchmesser aus den Muldensteiner Werken bei Bitterfeld, H. Meisel zu Muldenstein	röthlich-gelb	25	12	6,5	300	19,8 **17** 14,4	
205	Desgl.	blaßroth	25	12	6,5	300	21,6 **18** 15,5	
206	Quergelochte poröse Hohlsteine; Journ.-Nr. 9543	gelb	25,5	12,5	6,5	318,75	127,5 **113** 87,4	
							III. Loch-	
							Mit Vertikallöchern.	
207	Gelochte Radialsteine mit neun vertikalen Löchern von 1,5 × 1,5 bis 2,5 × 2,5 cm; Journ.-Nr. 9418	gelb	$\frac{19+16}{2}$	19	8,5	332,5	459,5 **359** 265,4	
208	Säulensteine aus der Fabrik von Bienwald & Rother in Liegnitz. Antr.: Kgl. Baurath A. Orth zu Berlin	lederfarben	profilirt				716,3 **602** 489,2	
209	Lochverblender mit acht vertikalen Löchern von je 2 cm Durchmesser aus der Molkenberger Dampfziegelei. Antr.: Fr. Forch, Baumaterialien- und Stein-Geschäft, zu Berlin	roth	25	12,5	6,5	312,5	510,6 **446** 382,9	483,3 **436** 386,4

7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.
festigkeit		Biegungsfestigkeit						Wasseraufnahme			
ausgefroren			lufttrocken								
an der Luft	unter Wasser	freie Länge l in cm $W=\frac{b \cdot h^2}{6}$	Belastung P in der Mitte	$K=\frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$	Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohsschen Skala	in 12 Std.	in 125 Std. (satt)	Wetterbeständigkeit, lösliche Salze	Journ.-Nr.
kg/qcm			kg	kg/qcm	kg			%	%	%	
330,0	300,0				0,802	1,985	8	3,0	4,0	0,098	11368
255	**225**										11374
187,5	127,5										
255,0	272,0				0,877	2,008	8	4,9	6,0	0,060	11375
214	**225**										11381
185,0	172,5										
205,0	205,0				0,832	1,996	8	4,8	5,7	0,048	11667
152	**151**										11673
123,0	119,0										
375,0	412,4				0,696	2,235	9	0,29	0,49	0,060	11838
310	**303**										11844
216,0	220,0										
¼ Steine.											
					2,440						10934
323,5	309,1				3,165	1,917	5	10,5	11,4	0,100	9439
274	**268**										9444
215,6	233,6										
Hohlsteine.											
71,2	67,6				2,297	1,521	3	23,5	25,5	0,840	9544
59	**54**										9549
46,3	46,3										
					2,045						10190
					1,320						11530
					1,280						11579
					2,467						9543
steine.											
¼ Steine.											
					5,115						9418
					6,154						9664
517,5	479,5				3,564	1,877	6	8,1	8,6	0,032	9858
428	**431**										9864
372,6	389,8										

1.	2.	3.	4.				5.	6.
			Abmessungen				Druck-	
Laufende Nr.	Fabrikationsort resp. Ziegelei	Farbe	Länge	Breite	Höhe	gedrückte Fläche	luftrocken	wassersatt
			cm			qcm	kg/qcm	
210	Normalsteine mit drei vertikalen ovalen Löchern von je $d = 2{,}5$ cm, $d_1 = 1{,}2$ cm aus der Ziegelei von C. Klausen jun. zu Tornschau. Antr.: C. Jaspersen zu Kiel	gelb	24,5	12	6,5	294	403,5 **315** 212,7	330,1 **295** 249,4
211	Ziegelsteine mit drei vertikalen ovalen Löchern von je $d = 3{,}5$ cm, $d_1 = 2$ cm aus der Ziegelei von Chr. Andersen zu Nübel-Wassermühle pr. Nübel bei Grevenstein an der Flensburger Föhrde Antr.: C. Jaspersen zu Kiel	gelb	25	12	6,5	300	370,2 **319** 287,5	377,4 **314** 233,6
212	Radialsteine mit acht Vertikallöchern von durchschnittlich 2,8 . 1,5 cm aus den Sommerfelder Ziegelwerken von Freytag, Roll & Kreutz zu Sommerfeld	gelb	$19{,}5 \cdot \frac{15{,}5 + 13{,}5}{2} \cdot 9{,}5$				305,9 **270** 233,3	
213	Radialziegel mit drei vertikalen Löchern von bezw. 7 . 2,75 cm, 6 . 2,50 cm, 5 . 2,50 cm; Ursprungsangabe nicht gestattet	dunkelgelb	Radialziegel			251,1	460,2 **310** 236,0	
214	3/4-Verblender (Maschinensteine) mit acht vertikalen ovalen Löchern von je 2,2 . 1,7 cm; Journ.-Nr. 10425—10431	dunkelroth	25,5	12	6,5	306	556,8 **459** 394,7	523,3 **458** 345,4
215	1/1-Lochziegel mit vier vertikalen Löchern von 2 . 1,7 cm ohne Angabe über den Ursprung. Antr.: Königl. Fortifikation zu Mainz	gelb	25,5	12	6,5	318,75	123,4 **89** 35,5	
216	1/1-Lochziegeln mit acht runden vertikalen Löchern von 1,75 cm Durchmesser; Journ.-Nr. 11435	roth	25	12	7	—		
217	1/1-Lochziegel mit zehn vertikalen Löchern von je 1,5 cm Durchmesser. Antr.: Lothringer Ziegelwerke A.-G. zu Mörchingen i. Lothr.	blaßroth	24	12	6	288	389,4 **350** 307,0	
218	1/1-Lochsteine mit zehn vertikalen Löchern von je 1 cm Durchmesser. Antr.: Vereinigte Speyerer Ziegelwerke A.-G. zu Speyer a. Rh.	hellgelb	25	12	6,5	300	314,5 **265** 206,7	
219	1/1-Lochziegel mit zehn vertikalen Löchern von je 2 cm Durchmesser; Journ.-Nr. 11908	blaßroth	25	12	6,5	300	287,5 **236** 215,6	
220	1/1-Lochziegel mit acht vertikalen Löchern von je 1,75 cm Durchmesser; Journ.-Nr. 11909	blaßroth	25	12	6,5	300	377,4 **304** 235,4	
221	Kaminsteine mit sechs vertikalen Löchern von bezw. 4 × 1,25 cm, 3,5 × 1 cm und 3 × 1 cm aus der Gail'schen Dampfziegelei und Thonwaarenfabrik zu Gießen	weißlichgelb	15	Radialformat $\frac{17{,}5 + 15}{2}$	7	200	412,6 **328** 268,3	379,6 **295** 258,2
222	1/1-Verblendsteine mit acht vertikalen Löchern von je 3 × 2,5 cm aus den Laubaner Thonwerken zu Laubau	roth	25	12	7	240	561,3 **465** 383,9	565,1 **434** 327,9
223	1/1-Lochziegel mit drei vertikalen runden Löchern von je 2 cm Durchmesser. Antr.: Königl. Regierungs-Baumeister Strauß zu Kolingen bei Berden	blaßroth	25	12	6,5	300	350,4 **272** 233,6	
								1/4
224	1/1-Eckverblender mit zwei vertikalen Löchern von je 2,5 × 1,5 cm der Aktien-Gesellschaft Eltener Thonwerke zu Elten bei Emmerich a. Rhein	ledergelb	12	5,5	6,5	66	1008,6 **688** 524,8	705,2 **601** 508,4

12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.
Biegungsfestigkeit								Wasseraufnahme		Abnutzung					
lufttrocken															
	ausgefroren														
	an der Luft		unter Wasser												
$K=\frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$	Belastung P in der Mitte	$K=\frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$	Belastung P in der Mitte	$K=\frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$	Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohs'schen Skala ritzt zuerst	in 12 Std.	in 125 Std. (satt)	Versuch I		Versuch II		Wetterbeständigkeit, lösliche Salze	Journ.-Nr.
kg/qcm	kg	kg/qcm	kg	kg/qcm	kg			%	%	g	ccm	g	ccm	%	
248,1	137,0	260,3	146,0	277,4	0,355	2,053	10	7,8	8,5	12,5	27,1	10,7	23,7	0,068	11539
196	**102**	**194**	**116**	**220**						14,9		12,9			11546
143,6	78,4	149,0	79,0	150,1						13,8		12,0			
										14,4		13,0			
										55,6		48,6			
143,4	702,6	153,4	663,5	144,9	1,312	2,339	9—10	0,30	0,60	2,5	4,2	3,2	5,2	0,008	11800
122	**611**	**133**	**535**	**117**						2,7		3,0			11807
88,7	502,6	109,7	447,6	97,7						2,3		3,0			
										2,4		3,0			
										9,9		12,2			
186,1	2209,9	177,6	2533,3	203,5	2,736	2,164	9	0,3	0,5	6,4	10,4	5,2	9,7	0,080	11853
169	**1961**	**157**	**2073**	**167**						5,1		5,5			11860
140,6	1580,0	126,9	1617,0	129,9						5,4		4,7			
										5,6		5,5			
										22,5		20,9			

9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.
Biegungsfestigkeit						Wasseraufnahme		Abnutzung				
freie Länge l in cm $W=\frac{b \cdot h^2}{6}$	lufttrocken		Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohs'schen Skala ritzt zuerst	in 12 Std.	in 125 Std. (satt)	Versuch I		Versuch II		Journ.-Nr.
	Belastung P in der Mitte	$K=\frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$										
	kg	kg/qcm	kg			%	%	g	ccm	g	ccm	
liche Materialien.												
l = 20	42,9	3,9	0,563									9564
W = 66,7	**37**	**3**										9565
	28,8	2,6										
			2,104									9665
				2,146				10,9	19,1	10,4	17,0	9680
								10,5		6,8		
								9,3		10,6		
								10,3		8,7		
								41,0		36,5		
				2,090				8,6	16,4	8,4	16,0	9681
								8,2		7,4		
								9,9		7,0		
								7,7		10,7		
								34,3		33,5		
				2,035				8,2	15,2	11,8	19,6	
								7,8		9,6		
								6,6		9,6		
								8,4		8,8		
								31,0		39,8		

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
			Abmessungen				Biegungs-		
							lufttrocken		wasser-
Laufende Nr.	Fabrikationsort oder Ziegelei	Farbe	Länge	Breite	Höhe	Freie Länge l in cm $W = \frac{b \cdot h^2}{6}$	Belastung P in der Mitte	$K = \frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$	Belastung P in der Mitte
			cm				kg	kg/qcm	kg
								IV.	Dach-
225	Deutsche Hohlstrangfalzziegel aus dem Friedrichsruher Thonwerk bei Reinbek	roth	39	20	2,45	l = 26 cm W = 17,9445	189,2 **125** 86,9	68,5 **45** 31,5	128,7 **104** 79,6
226	Falzziegel aus der Dampfziegelei und Falzziegelfabrik von A. Zinstag zu Kareth, Post Stadtamhof	roth	profilirt			l = 29 cm W = 16,8	151,9 **129** 106,7	65,6 **56** 46,1	158,2 **128** 113,7
227	Dachziegel aus den Ziegelwerken zu Sommerfeld von Freytag, Noll & Kreutz zu Sommerfeld	rothbraun	profilirt			l = 24 cm $W = \frac{14 . 1{,}2^2}{6} = 3{,}36$	76,2 **73** 69,0	136,1 **130** 123,2	85,5 **71** 59,3
228	Blauglasirte Dachsteine aus den Schlesischen Dachstein-Fabriken, G. Sturm zu Freywaldau Reg.-Bez. Liegnitz	dunkelblau	profilirt			l = 24 cm $W = \frac{14{,}5 . 1^2}{6} = 2{,}417$	112,8 **97** 77,7	280,1 **241** 192,9	101,0 **88** 78,2
229	Schwarz glasirte Dachziegel aus den Reudener Ziegelwerken Tropus & Co. zu Reuden a. d. Elster	—	profilirt			l = 32 cm W = 13,355	246,6 **216** 179,3	147,7 **129** 107,4	203,2 **179** 150,3
230	Dachsteine aus der zu Roskarschewo belegenen Dampfziegelei. Besitzer: A. Herzfeld & Maurer- und Zimmermeister W. Gutsche zu Grätz in Posen	blaßroth	profilirt			l = 24 cm $W = \frac{16{,}5 . 1{,}7^2}{6} = 7{,}9475$	142,6 **115** 93,9	107,6 **87** 70,9	137,8 **106** 71,5
231	Dachsteine: Journ.-Nr. 10686—10693	graublau	profilirt			l = 24 cm $W = \frac{15 . 1{,}2^2}{6} = 3{,}9$	60,09 **52** 39,19	92,4 **80** 60,3	62,56 **51** 37,69
232	Dampfziegel aus der Dampfziegelei und Thonwaarenfabrik von A. v. Petrikowsky zu Oppitzsch-Forberge bei Riesa	blaßroth	profilirt			l = 24 cm $W = \frac{15 . 1{,}3^2}{6} = 4{,}225$	84,29 **69** 56,38	119,7 **98** 80,1	81,44 **68** 46,06
233	Cement-Dachplatten-Hakenfalzziegel aus der Halleschen Cement-Dachplatten-Fabrik von Karl Thomann zu Halle a. S.	roth	profilirt			l = 35 cm $W = \frac{39{,}5 . 1{,}3^2}{6} = 11{,}126$	85,4 **70** 57,0	67,1 **55** 44,8	78,0 **59** 46,0
234	Falzdachziegel aus der Dampfziegelei Berg & Dal von [illegible] zu [illegible] (Kreis Cleve)	grün	profilirt			l = 18 cm W = 24,5	270,4 **241** 204,6	49,8 **44** 37,6	295,9 **231** 169,0
235	Dachziegel: Ursprungsangabe nicht bekannt	roth	37,5	16,5	1,5	l = 24 cm $W = \frac{16{,}5 . 1{,}5^2}{6} = 6{,}18$	86,7 **72** 58,8	84,1 **70** 57,0	
236	Schwarz glasirte Falzziegel aus der [illegible] Dampfziegelei und Thonwaarenfabrik zu [illegible]	schwarz	profilirt			l = 28 cm W = 18,56	285,5 **242** 197,0	107,7 **91** 74,3	275,3 **232** 191,1
237	Dachsteine aus der [illegible] Rathsziegelei [illegible] zu [illegible]	blaßroth	37,5	16,5	1,5	l = 24 cm W = 6,19	80,6 **70** 62,4	62,0 **54** 48,0	

[illegible]

Biege bei eingespannten Stücken im Mittel aus 3 Versuchen ca. [illegible]

9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.
Biegungsfestigkeit			Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohs'schen Skala	Wasseraufnahme		Abnutzung				Journ.-Nr.
freie Länge l in cm $W=\frac{b \cdot h^2}{6}$	lufttrocken: Belastung P in der Mitte	lufttrocken: $K=\frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$				in 12 Std.	in 125 Std. (satt)	Versuch I		Versuch II		
	kg	kg/qcm	kg			%	%	g	ccm	g	ccm	
								15,0	21,7	15,5	23,7	9165
								11,0		13,0		9169
			2,285	2,300				11,5		15,3		
								11,5		10,8		
								49,8		54,6		
			0,518									9909
			0,524									9935
			1,042									9936
			3,720			12,3	13,4					10056
												10060
			20,792									10061
			26,462									10072
			25,737									10073
l = 20	109,4	7,6	3,086			23,9	24,6					10112
$W=\frac{12 \cdot 6^2}{6}=72$	**85**	**6**										10122
	55,5	3,9										
l = 20	545,1	37,0	3,050									10123
$W=\frac{12 \cdot 6^2}{6}=72$	**308**	**21**										10124
	254,4	17,7										
			0,156									10216
l = 24	55,1	4,9	0,389									10280
$W=\frac{25,5 \cdot 4^2}{6}=68$	**44**	**4**										10281
	37,6	3,3										

*) Bruchfestigkeit: l = 20 cm $W=\frac{12 \cdot 6^2}{6}=72$

	P	K
wassersatt	71,1 kg	5,4 kg/qcm
	65 „	5 „
	46,8 „	3,4 „

	P	K
ausgefroren an der Luft	77,1 kg	5,4 kg/qcm
	60 „	4 „
	35,0 „	2,4 „

	P	K
ausgefroren unter Wasser	73,9 kg	5,1 kg/qcm
	55 „	4 „
	41,1 „	2,9 „

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
			Abmessungen					Biegungs-		
								lufttrocken		wasser-
Laufende Nr.	Fabrikationsort oder Antragsteller	Farbe	Länge	Breite	Höhe	Abnutzungsfläche	Freie Länge l in cm $W=\frac{b \cdot h^2}{6}$	Belastung P in der Mitte kg	$K=\frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$ kg/qcm	Belastung P in der Mitte kg
			cm			qcm				
	B. Fußboden-, Trottoir- und Wandplatten									
238	Thonplatten aus der Thonwaarenfabrik von Rieff & Bauer zu Merzig a. d. Saar	orangegelb	16	16	2	50	$l=15$ cm $W=\frac{16 \cdot 2^2}{6}=10{,}67$	707,3 **552** 441,7	248,7 **194** 155,3	665,0 **549** 435,4
239	Karrirte Glasplatten mit eingeschmolzener Metalleinlage; Ursprungsangabe nicht gestattet	weiß	30	30	2	—	$l=24$ cm	550,3 **420** 269,5		
240	Karrirte Glasplatten ohne eingeschmolzene Metalleinlage; Ursprungsangabe nicht gestattet	weiß	30	30	2	—	$l=24$ cm	646,8 **382** 268,5		
241	32 Tage alte Cementplatten aus 1 Thl. Portl.-Cement und 1 Thl. Sand. Antr.: H. Weber, vorm. C. Böhme, zu Jena	grau	25	25	3,5	50				
242	32 Tage alte Cementplatten aus 1 Thl. Portl.-Cement und 3 Thl. Sand. Antr.: H. Weber, vorm. C. Böhme, zu Jena	grau	25	25	3,5	50				
243	Mosaikplatten; Journ.-Nr. 9900—9907	gelb	17	17	2	50	$l=15$ cm $W=\frac{17 \cdot 2^2}{6}=11{,}33$	931,6 **745** 616,7	308,4 **247** 204,1	926,7 **781** 585,8
244	Thonplatten; Ursprungsangabe nicht gestattet	braun	16	16	2	50	$l=15$ cm $W=\frac{16 \cdot 2^2}{6}=10{,}67$	463,4 **402** 318,1	163,1 **142** 112,0	486,5 **379** 273,4
245	Cementplatten; Journ.-Nr. 10212—10213	grau	20	20	2,3	50				
246	Kunststein-Fliesen; Journ.-Nr. 10500—10506	grau	25	25	5,5	50	$l=24$ cm $W=\frac{25 \cdot 5{,}5^2}{6}=126$	746,1 **580** 503,7	35,5 **28** 24,0	571,9 **496** 406,2
247	Cementplatten; Journ.-Nr. 10664—10665	—	30	30	4,25	36				

[1]) Diese Gewichte beziehen sich auf die aus den ganzen Platten herausgeschnittenen und zu den Abnutzungsversuchen

9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.
Biegungsfestigkeit						Wasseraufnahme		Abnutzung				
	lufttrocken											
freie Länge l in cm $W=\frac{b \cdot h^2}{6}$	Belastung P in der Mitte	$K=\frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$	Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohs'schen Skala	in 12 Std.	in 125 Std. (satt)	Versuch I		Versuch II		Journ.-Nr.
	kg	kg/qcm	kg			%	%	g	ccm	g	ccm	
	Zugfestigk. lufttrocken											
	46,00		0,685	1,944				10,5	14,0	15,8	20,5	10308
	37,25							6,0		9,2		10310
	31,00							6,0		5,4		
								4,7		9,4		
								27,2		39,8		
l = 38	489,1	27,9	0,672	1,888		13,8	14,5	6,2	10,5	5,0	9,8	10311
$W=\frac{10 \cdot 10^2}{6}=166{,}7$	**401**	**23**						4,3		4,0		10329
	314,3	17,9						5,0		4,7		
								4,3		4,8		
								19,8		18,5		
	Zugfestigk. lufttrocken											
	36,25		0,664	1,920				5,0	10,6	7,9	15,7	10330
	31,23							5,2		6,5		10333
	25,50							5,2		8,3		
								5,0		7,4		
								20,4		30,1		
			1,070	0,693								10361
												10362
	Nach der Beanspruch. durch Feuer [1])											
	langsam abgekühlt	plötzlich abgekühlt										
	31,3	11,9	0,415	1,111		[5]) 7,5	[5]) 9,0	18,6	67,5	13,8	52,8	10472
	18	**10**	für Zug			für Zug		16,3		15,1		10486
	13,0	8,6	0,079			15,2	18,1	18,5		15,8		
								21,6		14,0		
								75,0		58,7		
	Zugfestigk. lufttrocken											
	14,25		0,397	1,108				26,0	85,2	32,6	106,9	10487
	12		für Zug					24,9		50,7		10489
	11,00		0,078					26,6		20,5		
								16,9		14,7		
								94,4		118,5		
	Nach der Beanspruch. durch Feuer											
	langsam abgekühlt	plötzlich abgekühlt										
	131,8	64,8	0,230	1,698		10,6	14,0	5,7	13,3	6,4	17,0	10491
	97	**58**						5,7		7,5		10499
	75,6	43,2						5,7		7,3		
								5,5		7,6		
								22,6		28,8		

[2]) Ergebnisse für 60 Tage alte Probekörper.

[4]) „ „ 28 „ „ „

[5]) Ergebnisse für Proben, welche vor der Prüfung in einer Lösung von Bernsteinlack und Terpentin imprägnirt wurden.

[6]) Zugfestigkeit:

lufttrocken	wassersatt	[3]) ausgefroren an der Luft	[3]) ausgefroren unter Wasser	[6]) nach der Beanspruchung durch Feuer langsam abgekühlt	[6]) nach der Beanspruchung durch Feuer plötzlich abgekühlt
11,75 kg/qcm	10,00 kg/qcm	12,50 kg/qcm	13,50 kg/qcm	1,09 kg/qcm	1,01 kg/qcm
10,85 „	**8,68** „	**10,60** „	**10,75** „	**1,00** „	**0,91** „
10,00 „	6,75 „	8,50 „	8,50 „	0,90 „	0,77 „

[1]) Ergebnisse für Proben, welche in einem Trockenofen 1) eine Stunde vorgewärmt, 2) zwei Stunden einem leichten Holzfeuer ausgesetzt wurden.

[3]) Ergebnisse für 60 Tage alte Probekörper.

1.	2.	3.	4.				5.	6.	7.	8.
			Abmessungen				Druckfestigkeit			
									ausgefroren	
Laufende Nr.	Fabrikationsort resp. Ziegelei	Farbe	Länge	Breite	Höhe	gedrückte Fläche	lufttrocken	wassersatt	an der Luft	unter Wasser
			cm			qcm	kg/qcm			
285 [1]	Schlackensteine; Ursprungsangabe nicht gestattet	grau	25	12	6,5	300	91,6 **75** 67,4	81,8 **69** 59,3	75,6 **69** 53,9	82,7 **71** 53,9
286 [2]	60 Tage alte Probekörper, hergestellt aus Estrichgips (aus der Fabrik der Firma A. Voß zu Elbrich a. Harz), Bimmsand und Stuckgips. Antr.: Karl Alsdorff zu Köln a. Rh.	weiß	7,1	7,1	7,1	50	76,7 **65** 51,8	46,4 **40** 31,3	51,8 **42** 35,6	48,6 **39** 31,3
287 [3]	28 Tage alte Probekörper, hergestellt aus Estrichgips (aus der Fabrik der Firma A. Voß zu Elbrich a. Harz). Antr.: Karl Alsdorff zu Köln a. Rh.	weiß	7,1	7,1	7,1	50	236,5 **213** 190,1			
288 [4]	Cementgipsmasse. Antr.: Bauunternehmer Herm. Meise zu Giebichenstein bei Halle a. S.	weiß	7,1	7,1	7,1	50	85,3 **69** 46,4	60,5 **51** 41,0	71,3 **49** 35,6	55,1 **44** 34,6
289	Cementprobekörper 28 Tage alt. Antr.: Königl. Fortifikation zu Köln	—	7,1	7,1	7,1	50	257,0 **230,9** 204,0			
290	Cementprobekörper 28 Tage alt. Antr.: Königl. Fortifikation zu Köln	—	7,1	7,1	7,1	50	231,1 **195** 174,0			
291	Cementprobekörper 28 Tage alt. Antr.: Königl. Fortifikation zu Köln	—	7,1	7,1	7,1	50	175,0 **154** 144,0			
292 [5]	Cementprobekörper. Antr.: Otto Böklen, Cementdielenfabrik zu Lauffen a. Neckar	—	7,1	7,1	7,1	50	113,4 87,4 68,0	98,3 **57** 41,0	75,6 **64,2** 40,0	85,3 **72,8** 50,8

[1]) Bruchfestigkeit: $l = 20$ cm $W = \frac{12 \cdot 6{,}5^2}{6} = 84{,}5$

lufttrocken		wassersatt		ausgefroren in der Luft		ausgefroren unter Wasser	
P	K	P	K	P	K	P	K
544,79 kg	32,2 kg/qcm	335,20 kg	19,8 kg/qcm	322,95 kg	19,1 kg/qcm	283,89 kg	16,8 kg/qcm
326,97 „	19,4 „	257,42 „	15,2 „	269,54 „	16,0 „	242,10 „	14,3 „
243,35 „	14,4 „	159,36 „	9,4 „	232,36 „	13,7 „	171,13 „	10,1 „

1a) Die durch Feuer beanspruchten Proben wurden in einem Trockenofen 1) eine Stunde vorgewärmt; 2) drei Stunden durch Steinkohlenfeuer auf Dunkelroth-Glühhitze erhalten und hierauf die Proben a) langsam an der Luft abgekühlt, die Proben b) durch Einsenkung in Wasser plötzlich abgekühlt.

[2]) Zugfestigkeit $l = 20$ cm Bruchfestigkeit $W = \frac{12 \cdot 5^2}{6} = 50$ Abmessungen Druckfestigkeit

Zugfestigkeit		P	K	Abmessungen	Druckfestigkeit
11,00 kg/qcm		227,6 kg	22,8 kg/qcm	7,1 . 7,1 . 4 cm	85,3 kg/qcm
7,98 „	lufttrocken	194 „	19 „		70 „
7,00 „		154,4 „	15,4 „		55,1 „

[3]) Zugfestigkeit:
40,25 kg/qcm
32,65 „
27,00 „

9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.
Biegungsfestigkeit						Wasseraufnahme		Abnutzung				
	lufttrocken		Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohs'schen Skala rückt zuerst			Versuch I		Versuch II		Journ.-Nr.
freie Länge l in cm $W=\frac{b \cdot h^2}{6}$	Belastung P in der Mitte kg	$K=\frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$ kg/qcm	kg			in 12 Std. %	in 125 Std. (satt) %	g	ccm	g	ccm	
	Druckfestigk. n. d. Beanspruch. durch Feuer [1a]) a) langsam abgekühlt	b) plötzlich abgekühlt										
	71,9	73,7	3,247	1,534		19,2	21,1					10527
	62	**69**										10538
	49,4	61,1										
	a)	b)										
	46,4	28,1	0,274	1,268		25,1	28,0	3,0	13,0	3,4	16,1	10591
	42	**24**						4,5		6,0		10602
	37,8	22,7						4,5		5,0		
								4,5		6,0		
								16,5		20,4		
	P	K										
l = 20	588,0	58,8	0,676					5,6	11,3	6,0	10,7	10603
$W=\frac{12 \cdot 5^2}{6}=50$	**496**	**50**						5,2		4,3		10606
	415,3	41,5						5,0		4,7		
								5,3		5,0		
								21,1		20,0		
	Nach der Beanspruch. durch Feuer [1a]) a) langsam abgekühlt	b) plötzlich abgekühlt										
	46,4	27,0	0,493	1,386		31,2	33,1	10,5	28,9	9,7	28,4	10702
	41	**23**						14,0		13,3		10718
	34,6	16,2						3,7		9,8		
								11,9		6,6		
								40,1		39,4		
			0,826									10747
			0,820									10748
			0,808									10749
	P	K										
l = 20	132,7	36,9	0,818	1,937		10,6	11,1	11,5	23,6	13,0	28,1	11001
$W=\frac{12 \cdot 3^2}{6}=18$	**93**	**26**						11,0		13,0		11015
	79,8	22,2						10,2		14,0		
								13,0		14,5		
								45,7		54,5		

[1]) Zugfestigkeit:

lufttrocken	wassersatt	ausgefroren an der Luft	ausgefroren unter Wasser	Wasseraufnahme der Zugproben
16,50 kg/qcm	9,50 kg/qcm	7,75 kg/qcm	10,25 kg/qcm	nach 12 Stunden = 27,1 %
11,84 „	8,20 „	5,93 „	6,13 „	„ 125 „ = 29,4 %
7,40 „	5,75 „	4,00 „	4,50 „	

Bruchfestigkeit: l = 38 cm $W=\frac{10 \cdot 10^2}{6}=166{,}67$

lufttrocken	P	K
	244,8 kg	14,0 kg/qcm
	161,1 „	9,2 „
	131,0 „	7,5 „

[1]) Die Probekörper sind am 26. bezw. 27. Oktober 1892 aus 1 Vol.-Thl. Cement und 3 Vol.-Thl. Normalsand (lose eingefüllt, mit der Schaufel gemischt und mit zehn Schlägen in die Formen eingestampft) hergestellt, am 31. Oktober 1892 unter Wasser gelegt und am 16. November 1892 wieder aus dem Wasser genommen und in der Zeit vom 28. November bis 9. Dezember 1892 geprüft worden. Zur Anfertigung der Probekörper ist angeblich Portland-Cement aus dem Württemb. Portland-Cement-Werk zu Laufen a. N. verwendet worden.

Zugfestigkeit:

lufttrocken	wassersatt	ausgefroren an der Luft	ausgefroren unter Wasser	Wasseraufnahme der Zugproben
32,00 kg/qcm	20,75 kg/qcm	24,00 kg/qcm	18,75 kg/qcm	nach 12 Stunden = 9,2 %
27,15 „	17,35 „	19,55 „	18,00 „	„ 125 „ = 10,2 %
22,50 „	15,00 „	16,50 „	16,75 „	

Druckfestigkeit (nach der Beanspruchung durch Feuer): 10 Probekörper wurden 1) in einem Trockenofen eine Stunde vorgewärmt; 2) drei Stunden durch Steinkohlenfeuer auf Dunkelroth-Glühhitze erhalten und hierauf 5 von ihnen an der Luft langsam, die übrigen durch Einsenkung in Wasser plötzlich abgekühlt.

a) An der Luft langsam abgekühlt: 102,6 kg/qcm; 72,7 „; 50,8 „

b) Im Wasser plötzlich abgekühlt: 71,3 kg/qcm; 56,0 „; 45,4 „

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
			Abmessungen					Biegungs-		
								lufttrocken		wasser-
Laufende Nr.	Fabrikationsort oder Antragsteller	Farbe	Länge	Breite	Höhe	Abnutzungsfläche	Freie Länge l in cm $W=\frac{b \cdot h^2}{6}$	Belastung P in der Mitte kg	$K=\frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$ kg/qcm	Belastung P in der Mitte kg
			cm			qcm				
258	Gebrannt Thonplatten aus dem Thonwerke Offenstein, H. Loffen zu Offenstein bei Worms	—	14,7	14,7	0,8	50	l = 20 cm $W=\frac{14,7 \cdot 0,8^2}{6}=1,568$	139,0 **106** 79,0	264,1 **202** 150,1	130,6 **103** 75,6
259	Gebrannte Thonplatten; Ursprungsangabe nicht gestattet	graugelb	16,5	16,5	2,5	50	l = 15 cm $W=\frac{16,5 \cdot 2,5^2}{6}=17,19$	686,2 **579** 440,7	149,8 **126** 96,2	656,5 **558** 406,4
260	Gebrannte Thonplatten aus der Thonwaarenfabrik von Otto & Schlosser zu Meißen	hellgrau	17,5	17,5	4,3	50	l = 15 cm W = 46,7	2680,0 **2219** 1617,0	215,3 **178** 129,9	2317,7 **2107** 1750,0

1.	2.	3.	4.				5.	6.	7.	8.
			Abmessungen				Druckfestigkeit			
									ausgefroren	
Laufende Nr.	Fabrikationsort resp. Ziegelei	Farbe	Länge	Breite	Höhe	gedrückte Fläche	lufttrocken	wassersatt	an der Luft	unter Wasser
			cm			qcm	kg/qcm			
	C. Verschiedene künst-									
261	Weiße Korksteine Journ.-Nr. 9564—9565	weiß	25	12	6,5	300	16,7 **14** 13,0			
262	Betonwürfel. Antr.: Kgl. Reg.-Baumeister Ottmann zu Parey a. E.	—	10	10	10	100	72,8 **50,7** 33,4			
263	Asphaltbelag; Ursprungsangabe nicht gestattet	—	7,1	7,1	2	50				
264	Desgl.	—	7,1	7,1	2,3	50				
265	Desgl.	—	7,1	7,1	2,5	50				

9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.
Biegungsfestigkeit						Wasseraufnahme		Abnutzung				
freie Länge l in cm $W=\frac{b \cdot h^2}{6}$	lufttrocken		Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohsschen Skala	in 12 Std.	in 125 Std. (satt)	Versuch I		Versuch II		Journ.-Nr.
	Belastung P in der Mitte	$K=\frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$										
	kg	kg/qcm	kg			%	%	g	ccm	g	ccm	
	P	K										
l = 20	223,4	62,1	0,868	1,966		9,3	9,9	10,5	18,5	8,1	18,0	11016
$W=\frac{12 \cdot 3^2}{6}=18$	**176**	**49**						8,5		9,0		11030
	150,4	41,8						10,0		7,0		
								7,5		11,2		
								36,5		35,3		
	P	K										
l = 38	742,0	42,3	0,740	1,938		7,9	8,4	21,3	48,1	21,6	46,6	11058
$W=\frac{10 \cdot 10^2}{6}=166{,}67$	**571**	**33**						24,7		25,7		11072
	415,0	23,7						28,3		18,5		
								19,0		24,5		
								93,3		90,3		
			9,475									"
			0,435									"
l = 38	709,8	40,5	0,680	1,707		17,1	18,3	15,0	33,8	9,5	27,1	11115
$W=\frac{10 \cdot 10^2}{6}=166{,}67$	**617**	**35**						17,5		12,5		11129
	501,3	28,6						11,0		13,0		
								14,2		11,2		
								57,7		46,2		
			9,820									"
			0,370									"
			0,180	2,464		0,8	1,8	[1] [2] 9,4 6,5	[1] [2] 13,2 9,5	[1] [2] 5,0 4,2	[1] [2] 10,6 7,5	11162
								8,1 5,7		6,0 4,9		11169
								7,7 5,6		7,2 4,6		
								7,4 5,5		7,8 4,7		
								32,6 23,3		26,0 18,4		
			2,370									11437
			0,580									11438
			1,505									11483

[1] Zugfestigkeit:

lufttrocken	wassersatt	ausgefroren an der Luft	ausgefroren unter Wasser	Wasseraufnahme der Zugproben
56,50 kg/qcm	46,00 kg/qcm	52,00 kg/qcm	60,00 kg/qcm	nach 12 Stunden = 9,0 %
48,98 "	35,33 "	43,98 "	42,98 "	" 125 " = 9,7 %
40,25 "	16,00 "	35,00 "	30,00 "	

[2] Zugfestigkeit:

lufttrocken	wassersatt	ausgefroren an der Luft	ausgefroren unter Wasser	Wasseraufnahme der Zugproben
32,50 kg/qcm	29,50 kg/qcm	33,25 kg/qcm	34,50 kg/qcm	nach 12 Stunden = 18,4 %
29,88 "	24,55 "	26,83 "	28,85 "	" 125 " = 19,6 %
25,50 "	20,25 "	21,50 "	25,50 "	

[1] Die Versuche wurden an der unbearbeiteten Fläche der Würfel ausgeführt.

[2] " " " " " bearbeiteten " " " "

1.	2.	3.	4.				5.	6.	7.
			Abmessungen				Druckfestigkeit		
Laufende Nr.	Fabrikationsort resp. Ziegelei	Farbe	Länge	Breite	Höhe	gedrückte Fläche	lufttrocken	wassersatt	ausgefro an der Luft
			cm			qcm	kg/qcm		
293 [1]	Cementprobekörper. Antr.: Otto Böklen, Cementdielenfabrik zu Lauffen a. Neckar	—	7,1	7,1	7,1	50	164,2 **148,6** 130,7	194,4 **141,5** 82,1	286,2 **202,8** 138,2
294 [2]	Kunststeinproben von J. B. Michiels & Fritz Morlang zu Brohl a. Rh.	—	7,1	7,1	7,1	50	397,0 **339** 280,8	356,4 **272** 149,0	369,4 **310** 216,0
295	Desgl. (Pfeiler)	—	10	10	50	100	188,0 **152** 129,4		
296	Desgl. (Platten)	—	7,1	7,1	4	50	399,6 **347** 313,2		
297 [3]	Künstlicher Sandstein; Journ.-Nr. 11115—11129	grau	7,1	7,1	7,1	50	372,6 **329** 272,2	356,4 **299** 260,3	330,5 **257** 221,4
298	Desgl. (Pfeiler)	grau	10	10	50	100	561,6 **406** 299,2		
299	Desgl. (Platten)	grau	7,1	7,1	4	50	357,5 **323** 277,6		
300	Künstliche Pflastersteine aus der Kunststeinfabrik Wurlitz, Bernhard Heß & Co. zu Wurlitz bei Oberkotzau	schwarzgrau	4	4	4	16	3268,5 **2756** 2223,9	2897,9 **2080** 1534,0	2493,5 **1788** 1347,8
301	Betonprobestücke. Antr.: Betonbaugesellschaft Dücker & Co. zu Düsseldorf	—	10	10	10	100	138,0 **103** 75,5		
302	Kunstsandsteinwürfel; Journ.-Nr. 11438	weiß	7,1	7,1	7,1	50	393,1 **304** 237,6		
303	Kunstsandstein; Journ.-Nr. 11483	gelblich	12	12	6,5	144	78,6 **52** 37,4		

[1]) Die Probekörper sind am 26. Oktober 1892 aus 1 Vol.-Thl. Cement und 3 Vol.-Thl Normalsand (lose eingefüllt, dem Kollergang gemischt und mit zehn Schlägen in die Formen eingestampft) hergestellt, am 31. Oktober 1892 unter Wasser und am 16. November 1892 wieder aus dem Wasser genommen und in der Zeit vom 28. November 1892 bis 9. Dezember geprüft worden. Zur Anfertigung der Probekörper ist angeblich Portland-Cement aus dem Württemb. Portland-Cement-Werk Lauffen a. N. verwendet worden.

Zugfestigkeit:

lufttrocken	wassersatt	ausgefroren an der Luft	ausgefroren unter Wasser	Wasseraufnahme Zugprobe
55,50 kg/qcm	50,00 kg/qcm	49,00 kg/qcm	38,25 kg/qcm	
47,20 „	44,13 „	39,85 „	31,25 „	nach 12 „
38,50 „	37,00 „	30,50 „	27,50 „	„ 125 „

Druckfestigkeit (nach der Beanspruchung durch Feuer): 10 Probekörper wurden 1) in einem Trockner vorgewärmt; 2) drei Stunden durch Steinkohlenfeuer auf Dunkelroth-Glühhitze erhalten und hierauf 5 von ihnen sam, die übrigen durch Einsenkung in Wasser plötzlich abgekühlt.

a) An der Luft langsam abgekühlt { 240,8 kg/qcm; 192,0 „; 143,6 „

b) Im Wasser plötzlich abgekühlt { 159,8 kg/qcm; 128,1 „; 64,8 „

9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.
Biegungsfestigkeit						Wasseraufnahme		Abnutzung				
	luftrocken											
änge l in cm $= \frac{b \cdot h^2}{6}$	Belastung P in der Mitte kg	$K = \frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$ kg/qcm	Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben kg	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohsschen Skala ritzt zuerst	in 12 Std. %	in 125 Std. (satt) %	Versuch I g	Versuch I ccm	Versuch II g	Versuch II ccm	Journ.-Nr.
								15,0	21,7	15,5	23,7	9165
								11,0		13,0		9169
			2,285	2,300				11,5		15,3		
								11,5		10,8		
								49,8		54,6		
			0,518									9909
			0,524									9935
			1,042									9936
			3,720			12,3	13,4					10056
												10060
			20,792									10061
			26,462									10072
			25,737									10073
l = 20	109,4	7,6	3,086			23,9	24,6					10119
$\frac{12 \cdot 6^2}{6} = 72$	**85**	**6**										10122
	55,5	3,9										
l = 20	545,1	37,0	3,050									10123
$\frac{12 \cdot 6^2}{6} = 72$	**308**	**21**										10124
	254,4	17,7										
			0,156									10216
l = 24	55,1	4,9	0,389									10280
$\frac{25,5 \cdot 4^2}{6} = 68$	**44**	**4**										10281
	37,6	3,3										

*) Bruchfestigkeit: l = 20 cm $W = \frac{12 \cdot 6^2}{6} = 72$

	P	K
satt	71,1 kg	5,4 kg/qcm
	65 „	5 „
	48,8 „	3,4 „

	P	K
ausgefroren an der Luft	77,1 kg	5,4 kg/qcm
	60 „	4 „
	35,0 „	2,4 „

	P	K
ausgefroren unter Wasser	73,9 kg	5,1 kg/qcm
	55 „	4 „
	41,1 „	2,9 „

1.	2.	3.	4.				5.	6.	7.	8.
			Abmessungen				Druckfestigkeit			
									ausgefroren	
Laufende Nr.	Fabrikationsort resp. Ziegelei	Farbe	Länge	Breite	Höhe	gedrückte Fläche	lufttrocken	wassersatt	an der Luft	unter Wasser
			cm			qcm	kg/qcm			
278 [1])	Imitirter Sandstein; Journ.-Nr. 10308—10310	hellgrau	7,1	7,1	7,1	50	367,2 **322** 285,1			
279 [2])	Desgl.; Journ.-Nr. 10311—10329	hellgrau	7,1	7,1	7,1	50	365,0 **330** 297,0	325,1 **290** 247,6	328,3 **282** 217,1	356,4 **286** 216,0
280 [3])	Desgl.; Journ.-Nr. 10330—10333	hellgrau	7,1	7,1	7,1	50	381,2 **333** 291,6			
281	Isolirbimssteine von Heinrich Schneider zu Neuwied a. Rh.	weiß	25	12	6,5	300	21,6 **17** 14,9			
282 [4]) [5])	Imitation von terra cotta durch Guß, hergestellt aus Alabastergips, Ziegelmehl und Kalkteig von W. Schleuning zu Frankfurt a. M.	blaßroth	7,1	7,1	7,1	50	61,6 **46** 36,7	[5]) 42,1 **33** 27,0	[5]) 44,3 **39** 31,3	[5]) 46,4 **35** 24,8
283 [5])	Desgl.	blaßroth	7,1	7,1	7,1	50	86,4 **75** 68,0			
284	Kunststeine der Industriewerke Akt.-Ges. zu Landsberg a. Lech	grünlich-grau	5	5	5	25	786,2 **705** 628,6	334,8 **270** 213,8	712,8 **630** 540,0	702,0 **579** 492,5

[1]) Ergebnisse für 7 Tage alte Probekörper.
[2]) " " 28 " " " "

Zugfestigkeit:

lufttrocken	wassersatt	ausgefroren an der Luft	ausgefroren unter Wasser	nach der Beanspruchung durch Feuer langsam abgekühlt	nach der Beanspruchung durch Feuer plötzlich abgekühlt	Wasseraufnahme der Zugproben
46,00 kg/qcm	37,50 kg/qcm	35,00 kg/qcm	26,50 kg/qcm	22,50 kg/qcm	18,00 kg/qcm	nach 12 Std. 14,1 %
32,03 "	25,70 "	22,53 "	21,03 "	18,45 "	13,40 "	" 125 " 14,9 %
24,50 "	18,00 "	16,50 "	17,50 "	12,75 "	10,75 "	

Druckfestigkeit:

Pfeiler Abmessungen 10 . 10 . 50 cm		Platten Abmessungen 7,1 . 7,1 . 4 cm	nach der Beanspruchung durch Feuer	
Fläche 100 qcm		Fläche 50 qcm	langsam abgekühlt	plötzlich abgekühlt
280,8 kg/qcm		158,8 kg/qcm	475,2 kg/qcm	267,8 kg/qcm
204 "		**135** "	**393** "	**230** "
131,8 "		102,6 "	302,4 "	192,2 "

9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.
Biegungsfestigkeit						Wasseraufnahme		Abnutzung				
	lufttrocken											
ige l in cm $= \frac{b \cdot h^2}{6}$	Belastung P in der Mitte kg	$K = \frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$ kg/qcm	Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben kg	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohsschen Skala	in 12 Std. %	in 125 Std. (satt) %	Versuch I g	Versuch I ccm	Versuch II g	Versuch II ccm	Journ.-Nr.
	Zugfestigk. lufttrocken											
	46,00		0,685	1,944				10,5	14,0	15,8	20,5	10308
	37,25							6,0		9,2		10310
	31,00							6,0		5,4		
								4,7		9,4		
								27,2		39,8		
= 38	489,1	27,9	0,672	1,888		13,8	14,5	6,2	10,5	5,0	9,8	10311
$\frac{\cdot 10^2}{6} = 166,7$	**401**	**23**						4,3		4,0		10329
	314,3	17,9						5,0		4,7		
								4,3		4,8		
								19,8		18,5		
	Zugfestigk. lufttrocken											
	36,25		0,664	1,920				5,0	10,6	7,9	15,7	10330
	31,23							5,2		6,5		10333
	25,50							5,2		8,3		
								5,0		7,4		
								20,4		30,1		
			1,070	0,693								10361
												10362
	Nach der Beanspruch. durch Feuer [1])											
	langsam abgekühlt	plötzlich abgekühlt										
	31,3	11,9	0,415	1,111		[5]) 7,5	[5]) 9,0	18,6	67,5	13,8	52,8	10472
	18	**10**	für Zug			für Zug		16,3		15,1		10486
	13,0	8,6	0,079			15,2	18,1	18,5		15,8		
								21,6		14,0		
								75,0		58,7		
	Zugfestigk. lufttrocken											
	14,25		0,397	1,108				26,0	85,2	32,6	106,9	10487
	12		für Zug					24,9		50,7		10489
	11,00		0,078					26,6		20,5		
								16,9		14,7		
								94,4		118,5		
	Nach der Beanspruch. durch Feuer											
	langsam abgekühlt	plötzlich abgekühlt										
	131,8	64,8	0,230	1,698		10,6	14,0	5,7	13,3	6,4	17,0	10491
	97	**58**						5,7		7,5		10499
	75,6	43,2						5,7		7,3		
								5,5		7,6		
								22,6		28,8		

[2]) Ergebnisse für 60 Tage alte Probekörper.

[4]) „ „ 28 „ „ „

[3]) Ergebnisse für Proben, welche vor der Prüfung in einer Lösung von Bernsteinlack und Terpentin imprägnirt wurden.

[6]) Zugfestigkeit:

[2]) lufttrocken	[2]) wassersatt	[3]) ausgefroren an der Luft	[3]) ausgefroren unter Wasser	nach der Beanspruchung durch Feuer langsam abgekühlt	nach der Beanspruchung durch Feuer plötzlich abgekühlt
11,75 kg/qcm	10,00 kg/qcm	12,50 kg/qcm	13,50 kg/qcm	1,09 kg/qcm	1,01 kg/qcm
10,85 „	8,68 „	**10,60** „	**10,75** „	1,00 „	**0,91** „
10,00 „	6,75 „	8,50 „	8,50 „	0,90 „	0,77 „

[1]) Ergebnisse für Proben, welche in einem Trockenofen 1) eine Stunde vorgewärmt, 2) zwei Stunden einem leichten Holzfeuer ausgesetzt wurden.

[5]) Ergebnisse für 60 Tage alte Probekörper.

1.	2.	3.	4.				5.	6.	7.	8.
Laufende Nr.	Fabrikationsort resp. Ziegelei	Farbe	Abmessungen				Druckfestigkeit			
			Länge	Breite	Höhe	gedrückte Fläche	lufttrocken	wassersatt	ausgefroren an der Luft	ausgefroren unter Wasser
			cm			qcm	kg/qcm			
304[1]	„Terranova D. R. P." (14 Tage alte Proben). Antr.: Terranova-Industrie Freihung, C. A. Kapferer & Schleuning zu Freihung (Oberpfalz)	roth	7,1	7,1	7,1	50	76,7 71 64,8	62,6 57 50,8	61,6 55 48,6	65, 60 55,
305[2]	„Terranova D. R. P." (8 Wochen alte Proben). Antr.: Dieselbe	roth	7,1	7,1	7,1	50	98,3 87 77,8			
306	Betonwürfel aus 1 Thl. Cement + 3 Thl. Sand + 6 Thl. Kleinschlag. Antr.: Abtheilung II des Ingenieur-Komitees zu Berlin	—	20	20	20	400	a) 9 Monate alt 233,4 b) 10 Monate alt 210,5			
307[3]	Materialproben: „Schweitzers Wände und Decken". Antr.: Albert Lugino zu Berlin	weiß	7,1	7,1	7,1	50	87,5 66 56,7			
308	Künstlicher Marmor, hergestellt nach Patent Nr. 69527. Antr.: Internationale Central-Bureau Werner & Co. zu Berlin	weiß marmorirt	5	5	5	25	1144,8 918 669,6			
309	Schlacken-Cement-Steine; Ursprungsangabe nicht gestattet	grau	25	12	6,5	300	177,9 140 98,8	125,0 101 64,7	149,2 112 82,7	136, 112 88,
310[4]	„Steinholz": Journ.-Nr. 11737—11752	gelblich-grau	7,1	7,1	7,1	50	243,0 215 172,8	190,1 167 151,2	241,9 200 154,4	221, 184 151,
311[5]	„Terranova D. R. P." 28 Tage alte Proben. Antr.: Terranova-Industrie Freihung C. A. Kapferer & Schleuning zu Freihung (Oberpfalz)	roth	7,1	7,1	7,1	50	97,2 87 77,8	77,8 68 64,9	78,0 68 61,6	82, 68 58,
312	Künstlicher Sandstein. Antr.: Firma Roehle's Bau-Patent, Gesellschaft mit beschränkter Haftung, zu Frankf. a. M.	roth	7,1	7,1	7,1	50				
313	Künstlicher Sandstein. Antr.: Firma Roehle's Bau-Patent, Gesellschaft mit beschränkter Haftung, zu Frankf. a. M.	weiß	7,1	7,1	7,1	50				
314	Künstlicher Marmor nach Patent 69527. Antr.: Baumeister C. Harms zu Berlin	—	5	5	5	25	1188,0 956 734,4			

[1] Zugfestigkeit lufttrocken [illegible] kg/qcm [illegible]

[2] Zugfestigkeit lufttrocken [illegible] kg/qcm [illegible]

[3] Zugfestigkeit lufttrocken [illegible] kg/qcm [illegible]

9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.
Biegungsfestigkeit						Wasseraufnahme		Abnutzung				
freie Länge l in cm $W=\frac{b \cdot h^2}{6}$	lufttrocken: Belastung P in der Mitte kg	lufttrocken: $K=\frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$ kg/qcm	Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben kg	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohsschen Skala recht zuerst	in 12 Std. %	in 125 Std. (satt) %	Versuch I: g	Versuch I: ccm	Versuch II: g	Versuch II: ccm	Journ.-Nr.
	Druckfestigk. n. d. Beanspruch. durch Feuer [1a]) a) langsam abgekühlt: 71,9 / **62** / 49,4	b) plötzlich abgekühlt: 73,7 / **69** / 61,1	3,247	1,534		19,2	21,1					10527 / 10538
	a): 46,4 / **42** / 37,8	b): 28,1 / **24** / 22,7	0,274	1,268		25,1	28,0	3,0 / 4,5 / 4,5 / 4,5 / 16,5	13,0	3,4 / 6,0 / 5,0 / 6,0 / 20,4	16,1	10591 / 10602
$l=20$ $W=\frac{12 \cdot 5^2}{6}=50$	P: 588,0 / **496** / 415,3	K: 58,8 / **50** / 41,5	0,676					5,6 / 5,2 / 5,0 / 5,3 / 21,1	11,3	6,0 / 4,3 / 4,7 / 5,0 / 20,0	10,7	10603 / 10606
	Nach der Beanspruch. durch Feuer [1a]) a) langsam abgekühlt: 46,4 / **41** / 34,6	b) plötzlich abgekühlt: 27,0 / **23** / 16,2	0,493	1,386		31,2	33,1	10,5 / 14,0 / 3,7 / 11,9 / 40,1	28,9	9,7 / 13,3 / 9,8 / 6,6 / 39,4	28,4	10702 / 10718
			0,826									10747
			0,820									10748
			0,808									10749
$l=20$ $W=\frac{12 \cdot 3^2}{6}=18$	P: 132,7 / **93** / 79,8	K: 36,9 / **26** / 22,2	0,818	1,937		10,6	11,1	11,5 / 11,0 / 10,2 / 13,0 / 45,7	23,6	13,0 / 13,0 / 14,0 / 14,5 / 54,5	28,1	11001 / 11015

[1]) Zugfestigkeit:

lufttrocken	wassersatt	ausgefroren an der Luft	ausgefroren unter Wasser	Wasseraufnahme der Zugproben
16,50 kg/qcm	9,50 kg/qcm	7,75 kg/qcm	10,25 kg/qcm	
11,84 „	8,20 „	5,93 „	6,13 „	nach 12 Stunden = 27,1 %
7,40 „	5,75 „	4,00 „	4,50 „	„ 125 „ = 29,4 %

Bruchfestigkeit: $l=38$ cm $W=\frac{10 \cdot 10^2}{6}=166{,}67$ lufttrocken

P	K
244,8 kg	14,0 kg/qcm
161,1 „	9,2 „
131,0 „	7,5 „

[1]) Die Probekörper sind am 26. bezw. 27. Oktober 1892 aus 1 Vol.-Thl. Cement und 3 Vol.-Thl. Normalsand (lose eingefüllt, mit der Schaufel gemischt und mit zehn Schlägen in die Formen eingestampft) hergestellt, am 31. Oktober 1892 unter Wasser gelegt und am 16. November 1892 wieder aus dem Wasser genommen und in der Zeit vom 28. November bis 9. Dezember 1892 geprüft worden. Zur Anfertigung der Probekörper ist angeblich Portland-Cement aus dem Württemb. Portland-Cement-Werk zu Lauffen a. N. verwendet worden.

Zugfestigkeit:

lufttrocken	wassersatt	ausgefroren an der Luft	ausgefroren unter Wasser	Wasseraufnahme der Zugproben
32,00 kg/qcm	20,75 kg/qcm	24,00 kg/qcm	18,75 kg/qcm	
27,15 „	17,35 „	19,55 „	18,00 „	nach 12 Stunden = 9,2 %
22,50 „	15,00 „	16,50 „	16,75 „	„ 125 „ = 10,2 %

Druckfestigkeit (nach der Beanspruchung durch Feuer): 10 Probekörper wurden 1) in einem Trockenofen eine Stunde vorgewärmt; 2) drei Stunden durch Steinkohlenfeuer auf Dunkelroth-Glühhitze erhalten und hierauf 5 von ihnen an der Luft langsam, die übrigen durch Einsenkung in Wasser plötzlich abgekühlt.

a) An der Luft langsam abgekühlt: 102,6 kg/qcm / 72,7 „ / 50,8 „

b) Im Wasser plötzlich abgekühlt: 71,3 kg/qcm / 56,0 „ / 45,4 „

1.	2.	3.		6.	7.	8.
			Druckfestigkeit			
Nr.	Fabrikationsort etc. Ziegelei	Farbe	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
			kg qcm			
504	„Terranova D. R. P." 14 Tage alte Proben. Antr.: Terranova-Industrie Freiburg, C. A. [illegible] & Schleuning zu Freiburg (Oberpfalz)	[illegible]		[illegible]	993,6	[illegible]
				635	779	660
				[illegible]	363,7	[illegible]
505	„Terranova D. R. P." 5 Wochen alte Proben. Antr.: Dieselbe		[illegible]			
			74			
			[illegible]			
506	[illegible] aus 1 Thl. Cement + 3 Thl. Sand + 6 Thl. Kleinschlag. Antr.: Abtheilung II des Ingenieur-Komitees zu Berlin		[illegible]			
			[illegible]			
			[illegible]			
507	Materialproben: „Schweitzers [illegible] [illegible] Decken". Antr.: Albert [illegible] zu Berlin		[illegible]			
			[illegible]			
			[illegible]			
508	Künstlicher Marmor, hergestellt [illegible] Patent Nr. 69527. Antr.: Internationale Central[illegible] Werner & Co. zu [illegible]		[illegible]			
			[illegible]			
			[illegible]			
509	Schlacken-Cement-Steine [illegible] angabe nicht g[illegible]		[illegible]			
			[illegible]			
			[illegible]			
510	„Steinholz" [illegible] Journ.-Nr. 117		[illegible]			
			301			
			[illegible]			
			[illegible]			
			[illegible]			
			[illegible]			
511	„Terranova D. [illegible] Proben. Antr.: [illegible] Freiburg C. A. [illegible] zu Freib[illegible]		[illegible]			
			[illegible]			
			[illegible]			
512	Künstlicher Sa[illegible] Moeble's Bau[illegible] beschränkter [illegible]		[illegible]			
			[illegible]			
			[illegible]			
513	Künstlicher [illegible] Moeble's [illegible] beschränkt[illegible]		[illegible]			
			[illegible]			
			[illegible]			
514	Künstlich[illegible] Antr.: [illegible]		[illegible]			
			12			
			[illegible]			

[illegible]

10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.
Festigkeit					Wasseraufnahme		Abnutzung				
lufttrocken											
Belastung P in der Mitte	$K=\frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$	Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohs'schen Skala	in 12 Std.	in 125 Std. (satt)	Versuch I		Versuch II		Journ.-Nr.
kg	kg/qcm	kg			%	%	g	ccm	g	ccm	
					0,36	3,2					12008 / 12011
		19,118									12025
		19,888									12026
		19,013									12027
		18,750									12028
		19,313									12029
		19,420									12030
		20,150									12031
		19,475									12032
		3,905									12035
		0,808									12100
		0,727									12116
		18,450									12149
		35,170									12171

[2]) Hergestellt 1887; geprüft am 12. Januar 1894.
[3]) " 1887; " Oktober 1889; geprüft am 12. Januar 1894.
[4]) " August 1889; " " " " "

1.	2.	3.	4.				5.	6.	7.	
			Abmessungen				Druckfestigkeit			
Laufende Nr.	Fabrikationsort resp. Ziegelei	Farbe	Länge	Breite	Höhe	gedrückte Fläche	lufttrocken	wassersatt	ausgefro an der Luft	u W
			cm			qcm	kg/qcm			
304[1])	„Terranova D. R. P." (14 Tage alte Proben). Antr.: Terranova-Industrie Freihung, C. A. Kapferer & Schleuning zu Freihung (Oberpfalz)	roth	7,1	7,1	7,1	50	76,7 **71** 64,8	62,6 **57** 50,8	61,6 **55** 48,6	
305[2])	„Terranova D. R. P." (8 Wochen alte Proben). Antr.: Dieselbe	roth	7,1	7,1	7,1	50	98,3 **87** 77,8			
306	Betonwürfel aus 1 Thl. Cement + 3 Thl. Sand + 6 Thl. Kleinschlag. Antr.: Abtheilung II des Ingenieur-Komitees zu Berlin	—	20	20	20	400	a) 9 Monate alt 233,4 b) 10 Monate alt 210,5			
307[3])	Materialproben: „Schweitzers Wände und Decken". Antr.: Albert Lugino zu Berlin	weiß	7,1	7,1	7,1	50	87,5 **66** 56,7			
308	Künstlicher Marmor, hergestellt nach Patent Nr. 69527. Antr.: Internationale Central-Bureau Werner & Co. zu Berlin	weiß marmorirt	5	5	5	25	1144,8 **918** 669,6			
309	Schlacken-Cement-Steine; Ursprungsangabe nicht gestattet	grau	25	12	6,5	300	177,9 **140** 98,8	125,0 **101** 64,7	149,2 **112** 82,7	1 1
310[4])	„Steinholz"; Journ.-Nr. 11737—11752	gelblich-grau	7,1	7,1	7,1	50	243,0 **215** 172,8	190,1 **167** 151,2	241,9 **200** 154,4	2 1 1
311[5])	„Terranova D. R. P." 28 Tage alte Proben. Antr.: Terranova-Industrie Freihung C. A. Kapferer & Schleuning zu Freihung (Oberpfalz)	roth	7,1	7,1	7,1	50	97,2 **87** 77,8	77,8 **68** 64,9	78,0 **68** 61,6	
312	Künstlicher Sandstein. Antr.: Firma Moehle's Bau-Patent, Gesellschaft mit beschränkter Haftung, zu Frankf. a. M.	roth	7,1	7,1	7,1	50				
313	Künstlicher Sandstein. Antr.: Firma Moehle's Bau-Patent, Gesellschaft mit beschränkter Haftung, zu Frankf. a. M.	weiß	7,1	7,1	7,1	50				
314	Künstlicher Marmor nach Patent 69527. Antr.: Baumeister E. Harms zu Berlin	—	5	5	5	25	1188,0 **956** 734,4			

[1]) Zugfestigkeit: lufttrocken 19,50 kg/qcm, 16,85 „, 13,25 „

[3]) Zugfestigkeit: lufttrocken 20,75 kg/qcm, 16,95 „, 14,25 „

[5]) Zugfestigkeit: lufttrocken 12,00 kg/qcm, 9,45 „, 7,75 „

9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.
Biegungsfestigkeit						Wasseraufnahme		Abnutzung				
	lufttrocken											
ε Länge l in cm $W=\frac{b \cdot h^2}{6}$	Belastung P in der Mitte kg	$K=\frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$ kg/qcm	Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben kg	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohsschen Skala ritzt zuerst	in 12 Std. %	in 125 Std. (satt) %	Versuch I g	Versuch I ccm	Versuch II g	Versuch II ccm	Journ.-Nr.
			0,520	1,304		26,9	28,0					11485 / 11491
			0,505									11492
			18,950									11633
			18,900									
l = 20	102,1	28,6	0,375									11657 / 11659
$=\frac{12 \cdot 3^2}{6}=18$	**83**	**23**										
	67,8	19,0										
			0,302					12,5	21,2	9,4	21,5	11709 / 11710
								10,4		12,0		
								9,7		10,9		
								11,4		12,2		
								44,0		44,5		
			3,380			17,6	18,7					11731 / 11736
l = 20	380,0	105,6	0,478	1,069		7,0	10,9	4,8	13,5	2,8	11,9	11737 / 11752
$=\frac{12 \cdot 3^2}{6}=18$	**270**	**75**						3,3		3,0		
	208,4	59,7						3,7		3,7		
								2,6		3,2		
								14,4		12,7		
			0,520	1,400		28,4	29,2					11791 / 11797
			I. 0,712	1,830				9,8	16,6	4,0	11,5	11863 / 11864
			II. 0,742					4,2		8,7		
								12,3		3,2		
								4,0		5,2		
								30,3		21,1		
			I. 0,697	1,700				4,9	13,0	6,8	12,8	11865 / 11866
			II. 0,692					4,0		3,6		
								7,5		6,7		
								5,7		4,7		
								22,1		21,8		
			0,275	2,195				8,4	18,7	8,4	17,4	12005 / 12007
								12,0		9,9		
								11,2		8,6		
								9,5		11,2		
								41,1		38,1		

[4]) Zugfestigkeit:

a) lufttrocken	b) wassersatt	c) Frost an der Luft	d) Frost im Wasser
51,50 kg/qcm	33,50 kg/qcm	44,50 kg/qcm	44,50 kg/qcm
19,68 „	28,99 „	37,68 „	33,68 „
40,50 „	25,00 „	29,50 „	25,00 „

Wasseraufnahme für die Zugproben nach 12 Stunden = 7,8 %, „ 125 „ = 11,4 %

[5]) Zugfestigkeit: lufttrocken { 19,25 kg/qcm, 15,78 „, 12,50 „

1.	2.	3.	4.				5.	6.	7.	8.
			Abmessungen				Druckfestigkeit			
									ausgefroren	
Laufende Nr.	Fabrikationsort resp. Ziegelei	Farbe	Länge	Breite	Höhe	gedrückte Fläche	lufttrocken	wassersatt	an der Luft	unter Wasser
			cm			qcm	kg/qcm			
315	Künstlicher Marmor. D. R. P. Nr. 69527; Ursprungsangabe nicht gestattet	—	5	5	5	25		842,4 **638** 324,0	993,6 **779** 563,7	820,8 **660** 496,8
316 [1])	Betonprobekörper bestehend aus 1 Thl. Cement + 3 Thl. Grubensand + 6 Thl. Kleinschlag. Antr.: Ingenieur-Komitee Abtheilung II zu Berlin	—	20	20	20	400	175,5 **174** 171,5			
317 [2])	Betonprobekörper bestehend aus 1 Thl. Cement + 3 Thl. Moselsand + 6 Thl. Sierk'er Quarzit. Antr.: dasselbe	—	20	20	20	400	290,3 **277** 253,8			
318 [3])	Betonprobekörper bestehend aus 1 Thl. Cement + 3 Thl. Moselsand + 6 Thl. Sierk'er Quarzit. Antr.: dasselbe	—	20	20	20	400	266,0 **223** 163,4			
319 [4])	Betonprobekörper bestehend aus 1 Thl. Cement + 3 Thl. Sand + 6 Thl. Granit von Feldsteinen. Antr.: dasselbe	—	20	20	20	400	214,7 **180** 147,2			
320 [5])	Betonprobekörper hergestellt aus 1 Thl. Cement + 3 Thl. Grubensand + 6 Thl. Granit von Findlingen. Antr.: dasselbe	—	20	20	20	400	378,0 **326** 221,4			
321 [6])	Desgl.	—	20	20	20	400	371,3 **346** 328,1			
322 [7])	Betonprobekörper hergestellt aus 1 Thl. Cement + 3 Thl. Moselsand + 6 Thl. Reuninger Dolomit. Antr.: dasselbe	—	20	20	20	400	341,6 **301** 276,8			
323 [8])	Betonprobekörper hergestellt aus ½ Thl. Cement + 1 Thl. Kalk + 3 Thl. Moselsand + 6 Thl. Kiesel aus dem Moselbett. Antr.: dasselbe	—	20	20	20	400	341,6 **325** 306,5			
324	Schlackensteine; Ursprungsangabe nicht gestattet	grau	25	11,5	6,5	287,50	123,6 **107** 91,7			
325	Cementprobekörper bestehend aus 1 Thl. Portland-Cement und 1 Thl. Sand; Journ.-Nr. 12100	—	7,1	7,1	7,1	50	426,6 **380** 357,5			
326	Kunststeine. D. R. P. Nr. 64961. Antr.: Andernacher Kunststein-Werk von A. Alster zu Andernach	braunroth	7,1	7,1	7,1	50	691,2 **433** 216,0			
327	Betonprobekörper. Antr.: Abtheilung II des Ingenieur-Komitees zu Berlin	—	20	20	20	400	202,5 **174** 153,9			
328	Mauermörtelkörper, hergestellt aus zerkleinerten Bruchsteinen und Mörtel. Letzterer war im Verhältniß von 1 l Bekumer Wasserkalk + 2 l Mauersand + 0,35 l Portland-Cement gemischt. Antr.: Bretschneider & Krügner zu Pankow bei Berlin	—	25	25	25	625	127,6 **112** 96,5			

[1]) Hergestellt September 1887; geprüft am 12. Januar 1888.
[2]) " 1887/88 " " " "
[3]) " 1887/88 " " " "
[4]) " Oktober—Dezember 1887, geprüft am 12. Januar 1888.

9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.
Biegungsfestigkeit			Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohsschen Skala	Wasseraufnahme		Abnutzung				Journ.-Nr.
	luftrocken							Versuch I		Versuch II		
Länge l in cm $W=\frac{b \cdot h^2}{6}$	Belastung P in der Mitte	$K=\frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$				in 12 Std.	in 125 Std. (satt)					
	kg	kg/qcm	kg			%	%	g	ccm	g	ccm	
						0,36	3,2					12008 / 12011
			19,118									12025
			19,888									12026
			19,013									12027
			18,750									12028
			19,313									12029
			19,420									12030
			20,150									12031
			19,475									12032
			3,905									12035
			0,808									12100
			0,727									12116
			18,450									12149
			35,170									12171

[8]) Hergestellt 1887; geprüft am 12. Januar 1894.
[9]) " 1887; " " 12. Januar 1894.
[7]) " Oktober 1889; " " 12. Januar 1894.
[5]) " August 1889; " " " " "

1.	2.	3.	4.				5.	6.	7.
			Abmeſſungen				Druckfeſtigkeit		
Laufende Nr.	Fabrikationsort resp. Ziegelei	Farbe	Länge	Breite	Höhe	gedrückte Fläche	luftrocken	waſſerſatt	ausgefr an der Luft
			cm			qcm	kg/qcm		
329	Holzprobe, bezeichnet: Oyamel de la Cadena Rota (Monte de Nanacamilpa). Antr.: Haniel & Lueg zu Düſſeldorf-Grafenberg	—	7,1	7,1	7,1	50	540,0 **501** 464,4		
330	Desgl.	—	5	5	10	25	579,0 **494** 442,8		
331	Holzprobe, bezeichnet: Oyamel sin usär (Monte de Nanacamilpa). Antr.: dieſelben	—	7,1	7,1	7,1	50	516,2 **499** 486,0		
332	Desgl.	—	5	5	10	25	512,0 **472** 432,0		
333	Holzprobe, bezeichnet: „Ocote (Monte de Mazapa)“. Antr.: dieſelben	—	7,1	7,1	7,1	50	637,2 **590** 564,6		
334	Desgl.	—	5	5	10	25	654,3 **621** 565,6		
335	Holzprobe, bezeichnet: „Encino (Monte de Apulco)“. Antr.: dieſelben	—	7,1	7,1	7,1	50	448,2 **432** 378,0		
336	Desgl.	—	5	5	10	25	492,5 **437** 365,0		
337	Holzprobe, bezeichnet: „Acuacatillo (Monte de Apulco)“. Antr.: dieſelben	—	7,1	7,1	7,1	50	496,8 **472** 455,8		
338	Desgl.	—	5	5	10	25	618,6 **563** 533,0		
339	Holzprobe, bezeichnet: „Fresno (Real del Monte)“. Antr.: dieſelben	—	7,1	7,1	7,1	50	288,4 **264** 237,6		
340	Desgl.	—	5	5	10	25	293,8 **253** 224,5		
341	Holzprobe, bezeichnet: „Eucaliptus (Real del Monte)“. Antr.: dieſelben	—	7,1	7,1	7,1	50	464,4 **441** 415,8		
342	Desgl.	—	4	4	10	16	598,3 **526** 450,0		
343	Holzprobe, bezeichnet: „Cedro (Monte de Apulco)“. Antr.: dieſelben	—	7,1	7,1	7,1	50	536,8 **497** 442,8		
344	Desgl.	—	5	5	10	25	481,7 **453** 412,6		
345	Betonprobekörper ca. 10 Monate alt; Journ.-Nr. 12235	—	10	10	10	100	299,0 **232** 172,5		

9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.
Biegungsfestigkeit						Wasseraufnahme		Abnutzung				
	lufttrocken											
freie Länge l in cm $W=\frac{b \cdot h^2}{6}$	Belastung P in der Mitte kg	$K=\frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$ kg/qcm	Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben kg	Spezifisches Gewicht	Härte, von der Mohsschen Skala rigt zuerst	in 12 Std. %	in 125 Std. (satt) %	Versuch I g	Versuch I ccm	Versuch II g	Versuch II ccm	Journ.-Nr.
			0,813									12243
l = 20	493,4	137,0	1,477	1,565	6	0,03	0,03					9426
$W=\frac{12 \cdot 3^2}{6}=18$	**396**	**110**										9431
	331,7	92,1										
l = 64	101,0		19,186									9765
	94,9											9767
	88,1											
l = 64	137,4		23,964									9765
	130,9											9767
	116,8											
l = 64	254,7		32,282									9765
	219,2											9767
	198,4											
l = 24	100,2	7,86	0,882									9910
$W=\frac{26 \cdot 4{,}2^2}{6}=76{,}44$	**91,8**	**7,21**										
	80,0	6,28										
l = 46	1574,4		19,810									10029
	1360											
	1142,1											
l = 90	4257,4	25,3	106,1									10348
W = 3786	**3481**	**20,7**										
	2748,2	16,3										
l = 90	5051,5	14,0	181,9									10349
W = 8098	**4608**	**12,8**										
	3859,8	10,7										
l = 90	5683,5	8,6	264,0									10350
W = 14815	**4875**	**7,4**										
	4227,1	6,4										
l = 90	5265,3		174,9									10507
	3949,8											
	3105,1											
l = 90	3624,9		135,0									10508
	3042,8											
	2491,5											
l = 100	357,95		45,996									10694
	250											
	180,21											
l = 100	88,28		23,480									10695
	66											
	53,06											

1.	2.	3.	4.				5.	6.	7.	8.
			Abmessungen				Druckfestigkeit			
									ausgefroren	
Laufende Nr.	Fabrikationsort resp. Ziegelei	Farbe	Länge	Breite	Höhe	gedrückte Fläche	lufttrocken	wassersatt	an der Luft	unter Wasser
			cm			qcm	kg/qcm			
346	Cementprobekörper; Journ.-Nr. 12243	—	7,1	7,1	7,1	50	284,0 275 268,9			
347 [1])	Isolationsmasse; Journ.-Nr. 9426—9431	schwarz	25	12	3					
348	Cementdielen aus der Cementdielenfabrik von Otto Böklen zu Lauffen a. N.	grau	75	25	5					
349	Desgl.	grau	75	25	7					
350	Desgl.	grau	75	25	10					
351	Korkstein (Plattenformat); Journ.-Nr. 9910	dunkelgrau	26	31	4,2					
352	Gips-Hohlplatten aus der Fabrik von Baumeister Hermann Jödicke zu Berlin	weiß	83	20	16 (17)					
353	Cementrohre aus der Adolf Habel'schen Cementwaarenfabrik, Firma Adolf Habel & Co. zu Neustadt (Orla)	grau	profilirt							
354	Desgl.	grau	profilirt							
355	Cementbetonrohre aus der Adolf Habel'schen Cementwaarenfabrik, Firma Adolf Habel & Co. zu Neustadt (Orla)	grau	profilirt							
356	Cementrohre aus der Fabrik der Baugesellschaft Hintz & Westphal zu Posen	—	profilirt							
357	Desgl.	—	profilirt							
358	Holzseilbretter; Ursprungsangabe nicht gestattet	weiß	110	40,5	10					
359	Desgl.	weiß	110	40,5	5					

[1]) Bruchfestigkeit:

wassersatt		ausgefroren an der Luft		ausgefroren unter Wasser	
P	K	P	K	P	K
496,4 kg	137,9 kg/qcm	401,6 kg	111,8 kg/qcm	483,2 kg	134,2 kg/qcm
391 „	109 „	363 „	101 „	368 „	102 „
327,5 „	91,0 „	289,9 „	80,5 „	282,2 „	78,4 „

9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.
Biegungsfeſtigkeit						Waſſer-aufnahme		Abnutzung				
	lufttrocken											
Länge l in cm $W=\frac{b \cdot h^2}{6}$	Belaſtung P in der Mitte kg	$K=\frac{P \cdot l}{4 \cdot W}$ kg/qcm	Eigenes Gewicht der lufttrockenen Proben kg	Spezifiſches Gewicht	Härte, von der Mohsſchen Skala ritzt zuerſt	in 12 Std. %	in 125 Std. (ſatt) %	Verſuch I g	Verſuch I ccm	Verſuch II g	Verſuch II ccm	Journ.-Nr.
			0,813									12243
l = 20	493,4	137,0	1,477	1,565	6	0,03	0,03					9426
$=\frac{12 \cdot 3^2}{6}=18$	**396**	**110**										9431
	331,7	92,1										
l = 64	101,0		19,186									9765
	94,9											9767
	88,1											
l = 64	137,4		23,964									9765
	130,9											9767
	116,8											
l = 64	254,7		32,282									9765
	219,2											9767
	198,4											
l = 24	100,2	7,86	0,882									9910
$=\frac{26 \cdot 4,2^2}{6}=76,44$	**91**,8	**7**,21										
	80,0	6,28										
l = 46	1574,4		19,810									10029
	1360											
	1142,1											
l = 90	4257,4	25,3	106,1									10348
W = 3786	**3481**	**20**,7										
	2748,2	16,3										
l = 90	5051,5	14,0	181,9									10349
W = 8098	**4608**	**12**,8										
	3859,8	10,7										
l = 90	5683,5	8,6	264,0									10350
W = 14815	**4875**	**7**,4										
	4227,1	6,4										
l = 90	5265,3		174,9									10507
	3949,8											
	3105,1											
l = 90	3624,9		135,0									10508
	3042,8											
	2491,5											
l = 100	357,95		45,996									10694
	250											
	180,21											
l = 100	88,28		23,480									10695
	66											
	53,06											

5. Ergebnisse der Untersuchungen von Scagliol-Bautafeln auf Feuerbeständigkeit bezw. Feuerübertragungsfähigkeit.

Von H. Burchartz, Assistent der Königlichen Prüfungsstation für Baumaterialien.

Herr C. Beine in Bochum beantragte am 30. Juni 1894 die Untersuchung seiner s. g. „Scagliol-Bautafeln" auf Feuerbeständigkeit durch eine Brandprobe. Hierzu wurde unter Aufsicht der Prüfungsstation aus dem Probematerial ein Versuchshäuschen mit zwei Räumen errichtet, von denen der eine als Feuerungsraum, der andere als Beobachtungsraum diente. Die Stärke der Bautafeln betrug in den Umfassungswänden 10 und 7,5 cm, in der Zwischenwand 5 cm. Die Decke bildeten Scagliol-Dielen von $1^1/_2$ cm Stärke mit Rohreinlage. Wände und Decken waren nicht verputzt, sodaß bei dem Brande die Flamme direkt darauf einwirken konnte.

In dem Feuerungsraume, welcher mit einem Abzuge — hergestellt aus Scagliol-Kaminsteinen — versehen war, wurde eine gußeiserne Säule aufgestellt und ebenfalls mit Kaminsteinen ummantelt.

Behufs Ermittelung der sich ergebenden Hitzgrade waren zunächst in der halben Höhe der eisernen Säule ein Maximum-Thermometer und ein Stück Schwefel, sowie auf der Kopfplatte derselben ein Stück Pech zwischen Säule und Ummantelung befestigt. Zu dem gleichen Zweck waren ferner in dem Feuerungsraume verschiedene Metalle bezw. Metall-Legirungen vertheilt angebracht, deren Schmelzpunkte zwischen 600 und 1100° C lagen.

Außerdem enthielt der dem Feuer nicht auszusetzende Raum an der Zwischenwand befestigt ein Maximum-Thermometer, einen Bogen dünnen Papiers und ein Stück Tüllgardine.

Zehn Tage nach Fertigstellung des Gebäudes erfolgte die Ausführung der beantragten Feuerprobe. Um 9 Uhr 40 Minuten Vormittags wurde das im Feuerungsraume lagernde und mit Petroleum getränkte Holz in Brand gesetzt. Nach vier Minuten Brennzeit zeigten sich in der Mittelwand zwei feine durch einzelne Tafeln gehende Querrisse, sowie verschiedene Fugenrisse, welche letzteren jedoch sich im weiteren Verlauf des Brandes wieder schlossen. Um 9 Uhr 50 Minuten begann die Zwischenwand sich zu erwärmen, während zehn Minuten später langes Befühlen mit der Hand nicht mehr möglich war. Nach 30 Minuten Brennzeit trat auch ein langsames Erwärmen der anderen Wände des Feuerungsraumes ein; zu gleicher Zeit bemerkte man an einzelnen Tafeln derselben leichte Querrisse. Nach 35 Minuten Brennzeit löste sich ein Theil der Decke von den Balken, an welchen sie mit Nägeln befestigt war, los.

Nach einer Stunde Brennzeit wurde das Feuer durch einen starken Wasserstrahl gelöscht und dieser hierbei auf die Wände des Gebäudes gerichtet.

Die hierauf vorgenommene Untersuchung ergab Folgendes:

1. Das Aeußere des Gebäudes hatte an Form und Aussehen — abgesehen von dem Herabfallen der Deckendielen und von der Bildung feiner Risse in einzelnen Tafeln der den Feuerungsraum umschließenden Wände — eine Veränderung nicht erlitten.
2. Die der Einwirkung des Feuers unausgesetzten Innenflächen des Feuerungsraumes — insbesondere der 5 cm starken Zwischenwand — waren von durcheinandergehenden Rissen durchzogen. Das Material ergab sich als an der Oberfläche mürbe und mit dem Fingernagel ritzbar.
3. Die im Feuerungsraume aufgestellten Metalle bezw. Metall Legirungen waren bis einschließlich der Legirung mit dem Schmelzpunkt 1020° C geschmolzen; die Legirung mit dem Schmelzpunkt 1100° C war angeschmolzen, sodaß also eine Hitze von etwa 1100° C geherrscht hatte.
4. Nach Entfernung der Ummantelung der Säule, wozu mehrere kräftige Hammerschläge erforderlich waren, ergab sich das dort befindliche Stück Schwefel als scharfkantig erhalten, und das ebendaselbst befestigte Thermometer zeigte 110° C. Das auf dem Kopfe der Säule gelegene Stück Pech war geschmolzen.
5. Die in dem Beobachtungsraume an der Zwischenwand befestigten Gegenstände, Papier und Tüllgardine, waren unversehrt; das dort aufgehängte Maximum-Thermometer zeigte 50° C.
6. Ein in eine Außenwand des Feuerungsraumes geschlagener und mit 50 kg belasteter eiserner Haken hatte sich nicht gelockert.

Mittheilungen
aus den
Königlichen technischen Versuchsanstalten
zu Berlin.

Herausgegeben im Auftrage
der Königlichen Aufsichts-Kommission.

XII. Jahrgang. **1894.** Sechstes Heft.

Die Schreibpapiere des Papier-Kleinhandels.

Vom Abtheilungsvorsteher W. Herzberg.

Bereits in der Sitzung vom 4. November 1889, in welcher unter Leitung von Prof. Martens von einer aus Papierfabrikanten, Papierhändlern und Staatsbeamten verschiedener Ressorts bestehenden Kommission in der Versuchsanstalt die heute giltigen „Vorschriften für die Lieferung und Prüfung von Papier zu amtlichen Zwecken" durchberathen wurden, sprachen sich fast alle befragten Sachverständigen dahin aus, daß man nicht nur den von den Behörden selbst verbrauchten Papieren, sondern auch den aus dem Publikum eingehenden Schriftstücken besondere Aufmerksamkeit zuwenden müsse. Gerade die letzteren bilden einen wesentlichen Theil des Aktenbestandes einer Behörde. Diese Erwägungen führten zu dem Antrage:

> „Das Königliche Staatsministerium wolle Staats- und Gemeindebehörden veranlassen, daß sie für die in Tabelle III der „Vorschriften" aufgeführten Zwecke die dort bezeichneten Papierklassen verwenden und zugleich darauf halten, daß im amtlichen Verkehr alle Personen, welche öffentliche Aemter bekleiden, zu Schriftstücken, welche in die Verwendungsklassen der Tabelle III eingereiht werden können, die diesen Klassen entsprechenden Papiere verwenden.
>
> Es erscheint wünschenswerth, allgemein auch darauf aufmerksam zu machen, daß solche von Privaten eingehenden Schriftstücke, welche ihrer Natur nach länger in den Akten aufbewahrt werden müssen, thunlichst auf Papier der vorschriftsmäßigen Klasse geschrieben sind."

Neuerdings hat nun Herr F. W. Abel, Papier-Großhändler in Magdeburg, die allgemeine Aufmerksamkeit wieder auf diesen Punkt gelenkt durch die Herausgabe einer von ihm verfaßten Broschüre betitelt: „Die Reform des Papier-Kleinhandels. Ein Beitrag zur Papier- und Aktenfrage".

In dieser Schrift macht Abel wiederholt auf die Gefahr aufmerksam, die den Aktenbeständen dadurch droht, daß das Publikum zu seinen Eingaben an die Behörden jede beliebige Papiersorte verwenden darf; daß unter diesen Umständen auf die Güte des Papiers wenig Rücksicht genommen, sondern vorzugsweise billige und minderwerthige Waare verwendet wird, dürfte nicht überraschen.

Aber noch auf einen anderen Punkt lenkt Abel die Aufmerksamkeit des Lesers und auf diesen soll hier näher eingegangen werden; der Verfasser führt an, daß man vielfach auch bei

bestem Willen nicht in der Lage sei, in den Papier-Kleinhandlungen gutes und dauerhaftes Papier zu erhalten. Abel äußert sich in dieser Beziehung wie folgt:

„Man wird nun fragen, weshalb sich denn der Papier-Kleinhandel, dem ja die Aufgabe zufällt, das kaufende und verbrauchende Publikum auf die Wichtigkeit der Verwendung zweckentsprechender Papiere aufmerksam zu machen, und der es ja in der Hand hätte nur die nach den Normalien gearbeiteten mit Wasserzeichen und Klassennummer versehenen, garantirt guten Papiere dem Publikum zu verkaufen, nicht der guten Sache mit Eifer bemächtigt hat. Die Gründe hierfür sind verschiedener Art. Ein großer Theil einsichtsvoller Firmen des Papier-Kleinhandels hat wohl das Bestreben, seinen Kunden gutes gewährleistetes Papier zu verkaufen, aber dieser Theil hat zu kämpfen mit der Gleichgiltigkeit oder Sorglosigkeit des Publikums, welches beim Papiereinkauf keinen Unterschied zu machen versteht und in der Regel da kauft, wo der Einkauf am billigsten erscheint. Man scheut sich nicht, für einen Karton Damenpost mit 25 Bogen Briefpapier und 25 Kouverts 3 Mk. und mehr zu zahlen, aber man giebt ungern 50 und 60 Pf. für 25 Bogen zweckentsprechendes Akten- oder Dokumentenpapier. Ein anderer Theil hat sich überhaupt mit der Sache gar nicht befaßt und gar kein Verständniß dafür gesucht. Vielen war es bequemer Alles im alten Gleise zu belassen, im Laden die Sorten zu verkaufen, die ihnen den meisten Nutzen brachten und die sie für genügend gut erachteten. Vielfach wurde auch erklärt, daß man im Laden die Reste verkaufen müsse. Die Klagen des Publikums, daß es so schwer halte, in den Läden gutes Papier zu erhalten, sind voll berechtigt, aber mit verschuldet. Vielfach wissen allerdings die Verkäufer (man denke an Ladenmädchen und Lehrlinge) nicht einmal was man überhaupt darunter zu verstehen hat und die Käufer wissen es noch viel weniger. Sie glauben, wenn sie dickes, weißes, glattes Papier haben, das Richtige zu verwenden. Wie oft ist mir geklagt und zwar von den verschiedensten Seiten, von hohen Militär- und Zivilbeamten, von Patentbureaus, von juristischen Persönlichkeiten ꝛc., daß es mit dem Papier jetzt zum verzweifeln sei; wenn eine wichtige Schrift, oder eine wichtige Arbeit, ein Vertrag ꝛc. gemacht sei, Schriftstücke, die auf lange Jahre erhalten bleiben müssen, brächen dieselben nach mehrmaliger Benutzung hinten im Rücken auseinander, trotzdem doch das beste Papier dazu verlangt wäre. Ja! das betreffende Papier war zwar theuer, dick und glasig, bestand in der Hauptsache aber aus Stroh-Cellulose, die ein im hohen Grade vergängliches und brüchiges Papier ergiebt. Ich selbst habe Aktien einer größeren Gesellschaft gesehen, welche zwar auf dickem Papier gedruckt, aber im Rücken fast sämmtlich in zwei Hälften durchbrochen sind, Verträge, die im Falz mehrfach zerbrochen und in Stücke zerfallen, desgleichen Bescheinigungen über Eintragungen in das Handelsregister ꝛc. und ich glaube fast Jeder von uns, der mit Schriftstücken zu thun, wird mehr oder weniger ärgerliche Erfahrungen gemacht haben. Erst kürzlich erzählte mir ein sehr hoher Militär, daß seine für die Zukunft wichtigen Aufzeichnungen aus den Kriegsjahren 1870/71 schon jetzt der Vergänglichkeit und Brüchigkeit anheimfallen. Es wären ja tausende von Fällen zu sammeln, wo schlechtes haltloses Papier dem Staate und dem Publikum Schaden und Gefahren bereitet hat, meistens durch die Verständnißlosigkeit der Verkäufer, welche ja, wie schon gesagt, in der Regel Ladenmädchen oder Lehrlinge sind".

Um die Richtigkeit der Abelschen Behauptung zu prüfen, daß im Papier-Kleinhandel das richtige Verständniß für wirklich gute Waare vielfach fehle und daß man daher auch beim Fordern bester Papiere vorwiegend solche erhält, welche diese Bezeichnung nicht verdienen, wurden nach einem mit Prof. Martens aufgestellten Plan durch einige Beamte der Versuchsanstalt, welche sich als solche nicht zu erkennen gaben, in 35 Papiergeschäften Berlins und einiger Vororte je eine Probe Papier von 10—12 Bogen im Reichsformat aufgekauft.

Die Muster wurden unter Bezeichnungen gefordert, wie sie im großen Publikum zur Kennzeichnung besserer und bester Papiersorten gebräuchlich sind, nämlich als: Bestes Konzeptpapier, gutes Schreibpapier, recht haltbares Schreibpapier, gutes Akten-Konzeptpapier, gutes Akten-Schreibpapier, Dokumentenpapier, bestes Urkundenpapier.

Diese Bezeichnungen, denen beim Einkauf keine aufklärenden Bemerkungen hinzugefügt wurden, sollten dem Verkäufer die Ueberzeugung verschaffen, daß dem Käufer daran gelegen war, nur ein gutes und dauerhaftes Papier zu erhalten, um so mehr, als der geforderte Preis ohne jeden Einwand gezahlt wurde.

Bei der Auswahl der Geschäfte wurde darauf gesehen, daß nur in solchen Handlungen gekauft wurde, welche sich in ihrer Firma oder in ihren Ankündigungen als Schreibmaterialien-Handlungen bezeichneten und von denen man erwarten konnte, daß der Papierverkauf einen wesentlichen Theil ihres Geschäftes ausmachte; aus Geschäften hingegen, welche den Papierverkauf nur nebenbei betreiben, wie man es vielfach in Kolonialwaaren-, Spielwaaren-, Zigarren- ꝛc. Handlungen beobachten kann, wurden keine Proben entnommen.

Bei jedem Einkauf wurde gleichzeitig die Bekanntgabe des Preises für 1000 Bogen des gekauften Papieres gefordert unter der Voraussetzung, daß dieser Posten mit einem Male entnommen würde; an das Aeußere des Papiers wurden keinerlei Anforderungen gestellt, vielmehr die Proben ohne jeden Einwand genommen, wie sie der Verkäufer übergab.

Die entnommenen 35 Proben wurden dann in der Versuchsanstalt zur Ermittelung der Stoff- und Festigkeitsklassen eingehend untersucht, wobei die in nachstehender Tabelle I niedergelegten Versuchsergebnisse ermittelt wurden; in dieser Tabelle sind die Papiere nach den amtlichen Verwendungsklassen 1—6 geordnet, um einen leichteren Vergleich mit den durch die „Vorschriften für die Lieferung und Prüfung von Papier zu amtlichen Zwecken" für die verschiedenen Verwendungszwecke festgesetzten Papierqualitäten zu ermöglichen.

Bei jedem einzelnen Papier ist die Bezeichnung, unter welcher es beim Einkauf gefordert wurde, angegeben, ferner die Lage des Geschäftes (Stadttheil), der Preis der gekauften 10 bezw. 12 Bogen, der Preis von 1000 Bogen, das Gewicht der letzteren, berechnet aus dem Gewicht von 10 Bogen und endlich der sich hieraus ergebende Preis für 1 kg des Papiers. Dann folgen die Angaben über die Farbe und Durchsicht, sowie die bei der Prüfung ermittelten Werthe. In der letzten Spalte sind unter Bemerkungen noch Angaben über etwa vorhandene Wasserzeichen gemacht.

Bevor auf eine Besprechung der in der Tabelle niedergelegten Ergebnisse eingegangen wird, sei vorweg noch Folgendes über die Vermuthungen der Versuchsanstalt hinsichtlich des zu erwartenden Ausfalles der Prüfungen bemerkt.

Mit Rücksicht auf die Bezeichnung der geforderten Waare, sowie auf die hierfür verlangten Preise erwartete die Versuchsanstalt mit Sicherheit, daß der weitaus größte Theil der Papiere den ersten Verwendungsklassen der amtlichen „Vorschriften" etwa höchstens herunter bis zur Klasse 3 b angehören und daß nur einzelne Sorten den niedrigeren Klassen 4 a und 4 b entsprechen würden; in den Proben Vertreter der Klasse 6 zu finden, welche die Papiere zu untergeordneten Zwecken für den täglichen Verkehr enthält, wurde überhaupt nicht vermuthet.

Lfd. Nr.	Beim Einkauf gefordert als:	Gekauft in:	Preis der gekauften Bogen	der gleichzeitiger Entnahme von 1000 Bogen	berechnet aus dem Gewicht von 10 Bg.	Dicke in Pf.	Durchsicht
							Verwendungs-
							(Stoffklasse I,
							Für besonders wichtige, auf lange Auf-
1	Bestes Urkundenpapier	Berlin SO.	10 B. = 0,50 ℳ	44,00 ℳ	16,1 kg	273	weiß, stark wolkig
							Verwendungs-
							(Stoffklasse I,
							Für Urkunden, Standesamtsregister,
2	Dokumentenpapier	Steglitz	10 B. = 0,45 ℳ	25,00 ℳ	13,2 kg	189	weiß, schwach wolkig, gerippt
							Verwendungs-
							(Stoffklasse I,
							Für Urkunden, Standesamtsregister,
3	Dokumentenpapier	Berlin N.	10 B. = 0,40 ℳ	26,00 ℳ	13,3 kg	195	weiß, wolkig, gerippt
							Verwendungs-
							(Stoffklasse II,
							Für das zu dauernder Aufbewahrung bestimmte
4	Gutes Akten-Schreibpapier	Berlin S.	12 B. = 0,25 ℳ	17,00 ℳ	13,7 kg	124	weiß, stark wolkig, gerippt
5	Gutes Schreibpapier	Berlin N.	10 B. = 0,20 ℳ	18,00 ℳ	13,3 kg	135	weiß, wolkig
							Verwendungs-
							(Stoffklasse II,
							Für das zu dauernder Aufbewahrung
6	Gutes Schreibpapier	Berlin C.	12 B. = 0,30 ℳ	23,00 ℳ	16,1 kg	143	weiß, wolkig
							Verwendungs-
							(Stoffklasse III. Reißlänge 3500 m, Dehnung 2,75 %,
							Für Papiere, welche für den gewöhnlichen Gebrauch bestimmt sind und nur einige Jahre
7	Bestes Konzeptpapier	Charlottenburg	10 B. = 0,20 ℳ	11,00 ℳ	14,8 kg	74	gelblich, stark wolkig
8	Gutes Schreibpapier	Berlin SW.	10 B. = 0,25 ℳ	16,60 ℳ	12,4 kg	134	weiß, wolkig
9	Recht haltbares Schreibpapier	Berlin W.	12 B. = 0,25 ℳ	16,00 ℳ	14,6 kg	110	weiß, wolkig
10	Bestes Urkundenpapier	Berlin SO.	12 B. = 0,30 ℳ	20,00 ℳ	13,5 kg	148	weiß, schwach wolkig, gerippt
11	Recht haltbares Schreibpapier	Berlin SW.	12 B. = 0,30 ℳ	22,00 ℳ	16,5 kg	133	weiß, wolkig
12	Gutes Akten-Konzeptpapier	Berlin SW.	12 B = 0,20 ℳ	16,00 ℳ	13,4 kg	119	gelblich, wolkig
13	Recht haltbares Schreibpapier	Berlin NW.	12 B. = 0,30 ℳ	10,50 ℳ	15,5 kg	68	weiß, wolkig
14	Gutes Akten-Schreibpapier	Berlin SO.	10 B. = 0,20 ℳ	15,00 ℳ	14,6 kg	103	weiß, wolkig
15	Gutes Akten-Schreibpapier	Berlin NW.	10 B. = 0,20 ℳ	18,00 ℳ	14,2 kg	127	weiß, schwach wolki

[1]) Mit „Fabrikmarke" sind die nicht vorschriftsmäßigen Wasserzeichen bezeichnet (Adler, Monogramme 2

in Papierhandlungen aufgekauften Papiersorten.

Mittlere Reißlänge m	Mittlere Dehnung %	Widerstand gegen Zerknittern	Stoffzusammensetzung	Aschengehalt %	Leimfestigkeit	Bemerkungen über etwaige Wasserzeichen
Klasse 1.						
Festigkeitsklasse 1.) **bewahrungsdauer berechnete Urkunden.**						
5927	5,6	sehr groß	Baumwolle und Leinen	1,0	leimfest	Normal 1
Klasse 2a.						
Festigkeitsklasse 2.) **Geschäftsbücher u. s. w. für erste Sorte.**						
5569	5,0	sehr groß	Leinen und Baumwolle	1,0	leimfest	Fabrikmarke [1])
Klasse 2b.						
Festigkeitsklasse 3.) **Geschäftsbücher u. s. w. für zweite Sorte.**						
4349	4,1	groß	Leinen und Baumwolle	1,1	leimfest	Fabrikmarke
Klasse 3a.						
Festigkeitsklasse 3.) **Aktenpapier; für Kanzlei-, Mundir- u. s. w. Papier.**						
4537	3,6	groß	Baumwolle, Leinen, Zusatz Holzcellulose	3,3	leimfest	Fabrikmarke
4275	2,8	groß	Leinen, Baumwolle, Zusatz Holzcellulose	2,0	leimfest	Normal 3a
Klasse 3b.						
Festigkeitsklasse 4.) **bestimmte Aktenpapier; für Konzeptpapier.**						
3397	3,0	ziemlich groß	Leinen und Baumwolle	1,0	leimfest	—
Klasse 4a.						
Widerstand gegen Zerknittern ziemlich groß.) **in Akten u. s. w. aufbewahrt werden sollen: für Kanzlei-, Mundir- und Briefpapier.**						
5370	3,1	groß	Holz- und Strohcellulose	1,3	leimfest	—
4366	3,3	ziemlich groß	Leinen, Baumwolle, Holz- und Strohcellulose	6,3	leimfest	—
4239	3,6	groß	Leinen, Baumwolle, Zusatz Holz- und Strohcellulose	7,0	leimfest	—
4040	3,4	ziemlich groß	Holz-, Strohcellulose, Baumwolle, geringe Mengen Leinen	12,3	leimfest	Fabrikmarke
3962	3,1	ziemlich groß	Leinen, Baumwolle, Holz- und Strohcellulose	7,4	leimfest	—
3823	3,5	ziemlich groß	Baumwolle, Leinen, Holz- und Strohcellulose	2,0	leimfest	Normal 3b
4415	3,6	ziemlich groß	Leinen, Baumwolle, Holz- und Strohcellulose	5,8	leimfest	—
4228	3,3	ziemlich groß	Leinen, Baumwolle, Zusatz Holz- und Strohcellulose	7,3	leimfest	—
4222	3,0	ziemlich groß	Holz-, Strohcellulose, geringe Mengen Baumwolle und Leinen	11,1	leimfest	—

[1]) die die Versuchsanstalt nicht genauer angeben wollte.

Lfd. Nr.	Beim Einkauf gefordert als:	Gekauft in:	Preis der gekauften Bogen	Preis bei gleichzeitiger Entnahme von 1000 Bogen	Gewicht von 1000 Bg. berechnet aus dem Gewicht von 10 Bg.	Preis für 1 kg in Pf.	Farbe und Durchsicht
							Verwendungs-
							(Stoffklasse III,
			Für Papiere, welche für den gewöhnlichen Gebrauch bestimmt sind und nur				
16	Dokumentenpapier	Berlin NO.	10 B. = 0,20 ℳ	13,50 ℳ	14,1 kg	96	weiß, wolkig
							Verwendungs-
							(Stoff-
			Für Papiere, welche zu untergeordneten Zwecken im täglichen Verkehr verwendet werden sollen				**auf eine Festigkeits-**
17	Recht haltbares Schreibpapier	Berlin N.	10 B. = 0,20 ℳ	20,00 ℳ	15,2 kg	132	weiß, wolkig
18	Bestes Urkundenpapier	Charlottenburg	10 B. = 0,20 ℳ	18,00 ℳ	15,3 kg	118	weiß, wolkig
19	Bestes Konzeptpapier	Berlin SO.	12 B. = 0,15 ℳ	10,00 ℳ	12,9 kg	78	gelblich, stark wolkig
20	Gutes Akten-Konzeptpapier	Berlin N.	10 B. = 0,20 ℳ	13,00 ℳ	13,4 kg	97	weiß, wolkig
21	Gutes Schreibpapier	Berlin S.	12 B. = 0,20 ℳ	13,00 ℳ	14,5 kg	90	weiß, wolkig
22	Gutes Akten-Konzeptpapier	Berlin SO.	12 B. = 0,15 ℳ	6,20 ℳ	14,4 kg	43	gelblich, wolkig
23	Bestes Urkundenpapier	Berlin C.	10 B. = 0,20 ℳ	16,00 ℳ	14,3 kg	112	weiß, schwach wolkig, gerippt
24	Gutes Schreibpapier	Berlin SO.	12 B. = 0,20 ℳ	16,70 ℳ	13,5 kg	124	weiß, gleichmäßig
25	Dokumentenpapier	Berlin SO.	10 B. = 0,35 ℳ	24,00 ℳ	13,8 kg	174	weiß, schwach wolkig, gerippt
26	Dokumentenpapier	Schöneberg	12 B. = 0,30 ℳ	18,00 ℳ	15,4 kg	117	weiß, wolkig
27	Bestes Urkundenpapier	Berlin S.	10 B. = 0,30 ℳ	21,00 ℳ	13,2 kg	159	weiß, schwach wolkig, gerippt
28	Recht haltbares Schreibpapier	Berlin SO.	10 B. = 0,20 ℳ	18,00 ℳ	13,5 kg	133	weiß, schwach wolkig, gerippt
29	Bestes Konzeptpapier	Berlin O.	10 B. = 0,15 ℳ	10,00 ℳ	12,5 kg	80	gelblich, wolkig
30	Bestes Konzeptpapier	Berlin N.	10 B. = 0,10 ℳ	8,00 ℳ	11,8 kg	68	gelblich, wolkig
31	Gutes Akten-Konzeptpapier	Berlin W.	10 B. = 0,20 ℳ	15,00 ℳ	14,8 kg	101	gelblich, wolkig
32	Gutes Akten-Schreibpapier	Berlin SW.	10 B. = 0,20 ℳ	20,00 ℳ	13,8 kg	145	weiß, wolkig
33	Bestes Konzeptpapier	Charlottenburg	12 B. = 0,20 ℳ	15,00 ℳ	12,1 kg	124	gelblich, schwach wolkig
34	Gutes Akten-Schreibpapier	Berlin S.	10 B. = 0,20 ℳ	14,00 ℳ	14,3 kg	98	weiß, wolkig
35	Gutes Akten-Konzeptpapier	Berlin C.	10 B. = 0,10 ℳ	7,00 ℳ	11,2 kg	63	gelblich, wolkig

Die Zusammenstellung zeigt, wie wenig dieser Erwartung entsprochen wurde, wie im Gegentheil die meisten Papiere zur Klasse 6 gehören und nur wenige den besseren Klassen eingereiht werden können.

Von den untersuchten 35 Papieren gehörten

1 Papier = rund 3% zur Verwendungsklasse 1
1 „ = „ 3% „ „ „ 2a

Mittlere Reißlänge m	Mittlere Dehnung %	Widerstand gegen Zerknittern	Stoffzusammensetzung	Aschengehalt %	Leimfestigkeit	Bemerkungen über etwaige Wasserzeichen
Klasse 4b.						
Festigkeitsklasse 4.)						
einige Jahre in Akten u. s. w. aufbewahrt werden sollen: für Konzeptpapier.						
3901	2,7	ziemlich groß	Holz-, Strohcellulose, Zusatz Leinen und Baumwolle	11,8	leimfest	—
Klasse 6.						
klasse IV.)						
und an welche Ansprüche auf Dauerhaftigkeit nicht gestellt werden, kann ohne besondere Rücksicht klasse gewählt werden.						
4537	3,5	mittelmäßig	Leinen, Baumwolle, Holz- und Strohcellulose	5,5	leimfest	—
4425	3,8	mittelmäßig	Leinen, Baumwolle, Zusatz Holz- und Strohcellulose	5,9	leimfest	—
3150	2,1	mittelmäßig	Leinen, Baumwolle, Zusatz Holzcellulose	8,5	leimfest	—
4106	2,9	gering	Holz- und Strohcellulose	9,8	leimfest	—
3773	2,8	sehr gering	Holz-, Strohcellulose, geringe Mengen Baumwolle und Leinen	10,9	leimfest	—
3588	1,7	sehr gering	Holzcellulose, geringe Mengen Baumwolle und Leinen	10,9	leimfest	—
3428	2,3	sehr gering	Holz-, Strohcellulose, Baumwolle, geringe Mengen Leinen	14,5	leimfest	Fabrikmarke
3390	2,7	gering	Holz-, Strohcellulose, geringe Mengen Baumwolle und Leinen	12,8	leimfest	—
3375	2,5	sehr gering	Holz-, Strohcellulose, Baumwolle, geringe Mengen Leinen	14,5	leimfest	Fabrikmarke
3321	2,1	sehr gering	Baumwolle, Leinen, Zusatz Strohcellulose	6,3	leimfest	—
3216	2,7	sehr gering	Baumwolle, Leinen, Zusatz Holz- und Strohcellulose	14,6	leimfest	Fabrikmarke
3044	2,3	sehr gering	Holz-, Strohcellulose, Zusatz Baumwolle	15,0	leimfest	Fabrikmarke
3900	2,9	ziemlich groß	Holz- und Strohcellulose	15,6	leimfest	—
3872	2,8	ziemlich groß	Holzcellulose	15,3	eben noch leimfest	—
3433	2,9	ziemlich groß	Holz-, Strohcellulose, Zusatz Baumwolle und Leinen	18,6	leimfest	—
3341	2,7	ziemlich groß	Holz-, Strohcellulose, geringe Mengen Baumwolle und Leinen	16,0	leimfest	—
3177	2,0	mittelmäßig	Holz-, Strohcellulose, Zusatz Holzschliff	17,5	leimfest	—
2954	2,4	sehr gering	Holz-, Strohcellulose, Zusatz Leinen und Baumwolle	17,8	leimfest	—
2647	1,5	sehr gering	Holzschliff und Holzcellulose	8,1	nicht leimfest	—

1 Papier = rund 3% zur Verwendungsklasse 2b
2 „ = „ 5% „ „ 3a
1 „ = „ 3% „ „ 3b
9 „ = „ 26% „ „ 4a
1 „ = „ 3% „ „ 4b
19 „ = „ 54% „ „ 6

Auf Grund der „Vorschriften" könnten also von den untersuchten 35 Papiere nur 6 = 17% als gute Aktenpapiere bezeichnet werden, während rund 29 Papie = 83% zu dauernder Aufbewahrung in den Akten nicht geeignet sind.

Von den letzteren 83% eignen sich 29% zu Schriftstücken, welche einige Jahre in d Akten aufbewahrt werden sollen und 54% gar nur zu Schriftstücken, welche dem täglich Verkehr dienen und an welche Ansprüche auf Dauerhaftigkeit nicht gestellt werden.

Die Einreihung der 54% in die Verwendungsklasse 6 mußte bei einigen Papieren nur in Folge des zu geringen Widerstandes gegen Zerknittern und Reiben erfolgen, obwohl bei der Feststellung des letzteren in der denkbar mildesten Weise vorgegangen wurde; Holzschliff war nur bei zwei Papieren vorhanden; der für die Klasse 4b noch zulässige Aschengehalt von 15% war bei 6 Papieren überschritten.

Hinsichtlich der Leimung genügte das Papier Nr. 35 nicht den an Schreibpapier zu stellenden Anforderungen; das Papier Nr. 30 konnte nur eben noch als leimfest bezeichnet werden.

Drei von den untersuchten Papieren enthielten vorschriftsmäßige Wasserzeichen, nämlich die unter Nr. 1, 5 und 12 aufgeführten; Nr. 1 und 5 besaßen die durch das Wasserzeichen (Klasse 1 und 3a) gewährleisteten Eigenschaften, während Nr. 12, welches der Verwendungsklasse 3b angehören sollte, mehr als 25% Cellulose enthielt (etwa 35—40%) und daher zur Klasse 4a gerechnet werden mußte.

Wenn auch die durch das Konzept 3b gekennzeichnete Fabrik keine von den drei Firmen ist, von denen in Heft 1 der „Mittheilungen" 1894 in der Arbeit über „Wasserzeichenpapiere" bemerkt ist, daß sie bei Ueberschreitungen des Cellulosegehaltes der Stoffklasse II wesentlich in Frage kommen, so soll doch auf den hier durch die Untersuchung aufgedeckten Fall der Ueberschreitung des zulässigen Cellulosegehaltes besonders hingewiesen werden; der Versuchsanstalt sind in letzter Zeit sowohl von Fabrikanten als auch von Händlern Mittheilungen zugegangen, nach denen verfehlte Fertigungen von Normalpapieren dem Kleinhandel als Waare für die betreffende Klasse zugeführt werden; derartige Fertigungen pflegen als „Gelegenheitspartien" angeboten zu werden. Wenn auch erwartet werden muß, daß die Fälle, in denen ungenügende Fertigungen bewußtermaßen in Vertrieb gegeben werden, nicht vorkommen, so wird man zugeben müssen, daß die wiederholt eingehenden und zuweilen mit den Wasserzeichenpapieren belegten Klagen nicht unbeachtet bleiben dürfen. Die Versuchsanstalt sammelt solche Fälle und wird sie in ihren Jahresberichten jedesmal besonders aufführen.

Ordnet man die untersuchten Papiere nach den Bezeichnungen, unter denen sie gekauft sind, sowie nach den Klassen, zu denen sie gehören, so ergiebt sich folgende Uebersicht:

Art der Papiersorte	Gehörig zur Verwendungsklasse							
	1	2a	2b	3a	3b	4a	4b	6
Bestes Konzeptpapier	—	—	—	—	—	1	—	4
Gutes Akten-Konzeptpapier	—	—	—	—	—	1	—	4
Gutes Schreibpapier	—	—	—	1	1	1	—	2
Recht haltbares Schreibpapier	—	—	—	—	—	3	—	2
Gutes Akten-Schreibpapier	—	—	—	1	—	2	—	2
Dokumentenpapier	—	1	1	—	—	—	1	2
Bestes Urkundenpapier	1	—	—	—	—	1	—	3

Diese Tabelle giebt, besonders wenn sie durch zahlreiche weitere Beispiele bereichert wird (es liegt in der Absicht der Versuchsanstalt dies zu thun), einen Anhalt, mit welcher Wahrscheinlichkeit man beim Einkauf der angeführten Papiere die einzelnen Verwendungsklassen zu erwarten hat.

Soviel geht indessen jetzt schon aus der Tabelle hervor, daß die Wahrscheinlichkeit, beim Einkauf von Papier in den Papier-Kleinhandlungen ein wirklich gutes, ausdauerfähiges Papier zu erhalten, überaus gering ist, selbst wenn man beim Einkauf beste Waare verlangt und jeden geforderten Preis zahlt.

Dies ist eine sehr betrübende Thatsache, auf deren Bedeutung für die Archive später noch eingegangen werden soll. Zunächst seien noch einige Bemerkungen über die für die untersuchten Papiere gezahlten Preise gestattet.

Wie die Tabelle ohne Weiteres zeigt, kann den Preisberechnungen ein gemeinsames Prinzip, etwa begründet durch die verwendeten Rohstoffe oder die erzielte Festigkeit, nicht zu Grunde gelegen haben, denn es kommen bei Papieren von annähernd gleichen Eigenschaften Preisunterschiede vor, die vollständig unerklärlich sind.

So kostet von dem Papier Nr. 22 das kg 43 Pf., während das Papier Nr. 25, welches dem ersteren hinsichtlich der Rohstoffe und Festigkeit sehr nahe steht und sogar noch mehr mineralische Füllstoffe enthält als jenes, 174 Pf. kostet, das Papier Nr. 30 kostet 68 Pf., das Papier Nr. 32 hingegen 145 Pf. für das kg.

Um einen Anhalt über den wirklichen Verkaufswerth der untersuchten Papiere zu gewinnen, setzte sich die Versuchsanstalt mit vier Papier-Großhändlern in Verbindung, übersandte ihnen von den 35 Proben je einen halben Bogen mit den Ergebnissen der Prüfung versehen zu und bat sie, schätzungsweise den Preis zu ermitteln, welcher bei Abnahme von mindestens 1000 Bogen für die einzelnen Sorten im Groß- und Kleinhandel zur Zeit in Berlin als ein sachgemäßer und normaler angesehen werden könne. Die Preise, welche die Versuchsanstalt beim Einkauf der Papiere durch Befragen der Verkäufer ermittelt hatte, wurden nicht mit angegeben.

Drei Großhandlungen (darunter zwei Berliner) ertheilten die erbetene Auskunft in der bereitwilligsten Weise, wofür ihnen an dieser Stelle nochmals der Dank der Versuchsanstalt ausgesprochen sein mag.

Die vierte Großhandlung, welche ihren Sitz in Berlin hat, schickte der Versuchsanstalt die Muster mit dem Bemerken zurück: „daß sie es dankend ablehnen müsse, die erbetene Auskunft zu ertheilen." Nähere Gründe waren nicht angegeben.

In der später folgenden Tabelle, in welcher die mitgetheilten Preis-Schätzungen zusammengestellt sind, wurden die drei Firmen, welche die Antwort ertheilt haben, mit A, B und C bezeichnet.

Die Firma C gab für jede Probe den Preis für den Groß- und Kleinhandel gesondert an, und demgemäß ist auch die Eintragung in die Tabelle erfolgt.

Die Firmen A und B gaben nur den Verkaufspreis für den Großhandel an und bemerkten hierzu, daß der Kleinhändler in Berlin auf diese Preise in der Regel 30—35 %, unter Umständen auch 50 % aufschlagen müsse.

Die Firma A bemerkt hierzu noch, daß sich allerdings der Kleinhandel bei glatter Abgabe von 500—1000 Bogen mit einem erheblich geringeren Aufschlag begnügen würde.

Die Versuchsanstalt hat dennoch bei Berechnung des Verkaufspreises für den Kleinhandel den von den Firmen A und B für den Großhandel angegebenen Werthen durchweg 50 % zugeschlagen, so daß sie wohl annehmen darf, sicher nicht zu niedrig gegriffen zu haben.

In nachstehender Tabelle II sind nunmehr die von den drei Firmen abgegebenen Preise sowie die Mittel aus diesen Werthen zusammengestellt. Hinter dem geschätzten mittleren Preis des Kilogramms im Kleinhandel ist noch einmal der Preis gesetzt, der beim Einkauf verlangt wurde, so daß die Vergleichung dieser Preise wesentlich erleichtert wird, besonders im Verein mit der ebenfalls hinzugefügten Verhältnißzahl des gezahlten Preises zum geschätzten. Zur besseren Uebersicht sind die gesammten Werthe auch noch in drei Schaubilder eingezeichnet. Zugleich sind dann nochmals die Zeichen der Stadttheile hinzugefügt, in denen die Verkaufslokale liegen, da je nach deren Lage die Geschäftsspesen verschieden sind.

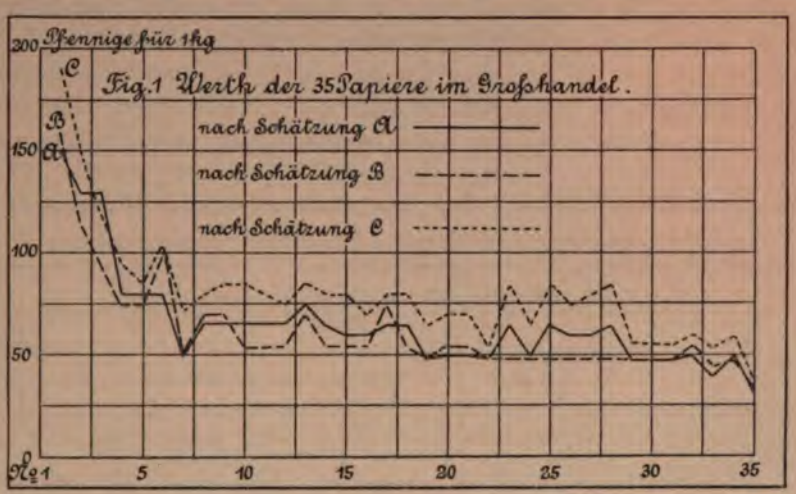
Tabelle II. **Zusammenstellung der von drei Großhändlern A., B. und C. schätzungsweise ermittelten Werthe der 35 Papiere.**

Nr.	Verwendungsklasse	Preis für 1 kg im **Großhandel** bei Abnahme von mindestens 1000 Bogen. Geschätzt vom Großhändler:				Preis für 1 kg im **Kleinhandel** bei Abnahme von mindestens 1000 Bogen.					Verhältnißzahl	
						Geschätzt vom Großhändler:				In den Handlungen für 1 kg geforderter Preis bei einer Abnahme von mindestens 1000 Bogen	$\frac{\text{Verkaufspreis}}{\text{Schätzung}} \cdot 100$	Stadttheil
		A. ℳ	B. ℳ	C. ℳ	Mittel ℳ	A. ℳ	B. ℳ	C. ℳ	Mittel ℳ	ℳ		
1	1	1,50	1,60	1,90	**1,67**	2,25	2,40	2,50	**2,38**	2,73	115	SO.
2	2a	1,30	1,15	1,50	**1,32**	1,95	1,73	2,10	**1,93**	1,89	98	V.[1]
3	2b	1,30	0,95	1,20	**1,15**	1,95	1,43	1,60	**1,66**	1,95	117	N.
4	3a	0,80	0,75	0,95	**0,83**	1,20	1,13	1,30	**1,21**	1,24	102	S.
5		0,80	0,75	0,85	**0,80**	1,20	1,13	1,10	**1,14**	1,35	118	N.
6	3b	0,80	1,00	1,05	**0,95**	1,20	1,50	1,40	**1,37**	1,43	104	C.
7	4a	0,50	0,49	0,72	**0,57**	0,75	0,74	0,95	**0,81**	0,74	91	V.
8		0,65	0,70	0,80	**0,72**	0,98	1,05	1,05	**1,03**	1,34	130	SW.
9		0,65	0,70	0,85	**0,73**	0,98	1,05	1,10	**1,04**	1,10	106	W.
10		0,65	0,54	0,85	**0,68**	0,98	0,81	1,20	**1,00**	1,48	148	SO.
11		0,65	0,54	0,80	**0,66**	0,98	0,81	1,05	**0,95**	1,33	140	SW.
12		0,66	0,54	0,75	**0,65**	0,99	0,81	0,95	**0,92**	1,19	129	SW.
13		0,75	0,70	0,85	**0,77**	1,13	1,05	1,10	**1,09**	0,68	62	NW.
14		0,65	0,54	0,80	**0,66**	0,98	0,81	1,05	**0,95**	1,03	108	SO.
15		0,60	0,54	0,80	**0,65**	0,90	0,81	1,05	**0,92**	1,27	138	NW.
16	4b	0,60	0,54	0,70	**0,61**	0,90	0,81	0,95	**0,89**	0,96	108	NO.
17	6	0,65	0,75	0,80	**0,73**	0,98	1,13	1,05	**1,05**	1,32	126	N.
18		0,65	0,54	0,80	**0,66**	0,98	0,81	1,05	**0,95**	1,18	124	V.
19		0,48	0,49	0,65	**0,54**	0,72	0,74	0,85	**0,77**	0,78	101	SO.
20		0,50	0,54	0,70	**0,58**	0,75	0,81	0,90	**0,82**	0,97	118	N.
21		0,50	0,54	0,70	**0,58**	0,75	0,81	0,90	**0,82**	0,90	110	S.
22		0,48	0,48	0,54	**0,50**	0,72	0,72	0,70	**0,71**	0,43	61	SO.
23		0,65	0,48	0,85	**0,66**	0,98	0,72	1,20	**0,97**	1,12	115	C.
24		0,50	0,48	0,65	**0,54**	0,75	0,72	0,85	**0,77**	1,24	161	SO.
25		0,65	0,48	0,85	**0,66**	0,98	0,72	1,20	**0,97**	1,74	179	SO.
26		0,60	0,48	0,75	**0,61**	0,90	0,72	0,95	**0,86**	1,17	136	V.
27		0,60	0,48	0,80	**0,63**	0,90	0,72	1,20	**0,94**	1,59	169	S.
28		0,65	0,48	0,85	**0,66**	0,98	0,72	1,20	**0,97**	1,33	137	SO.
29		0,48	0,48	0,57	**0,51**	0,72	0,72	0,75	**0,73**	0,80	110	O.
30		0,48	0,48	0,55	**0,50**	0,72	0,72	0,70	**0,71**	0,68	96	N.
31		0,48	0,48	0,55	**0,50**	0,72	0,72	0,70	**0,71**	1,01	142	W.
32		0,50	0,55	0,60	**0,55**	0,75	0,83	0,80	**0,79**	1,45	184	SW.
33		0,40	0,45	0,54	**0,46**	0,60	0,68	0,70	**0,66**	1,24	188	V.
34		0,50	0,48	0,60	**0,53**	0,75	0,72	0,85	**0,77**	0,98	127	S.
35		0,31	0,32	0,37	**0,33**	0,47	0,48	0,50	**0,48**	0,63	131	C.

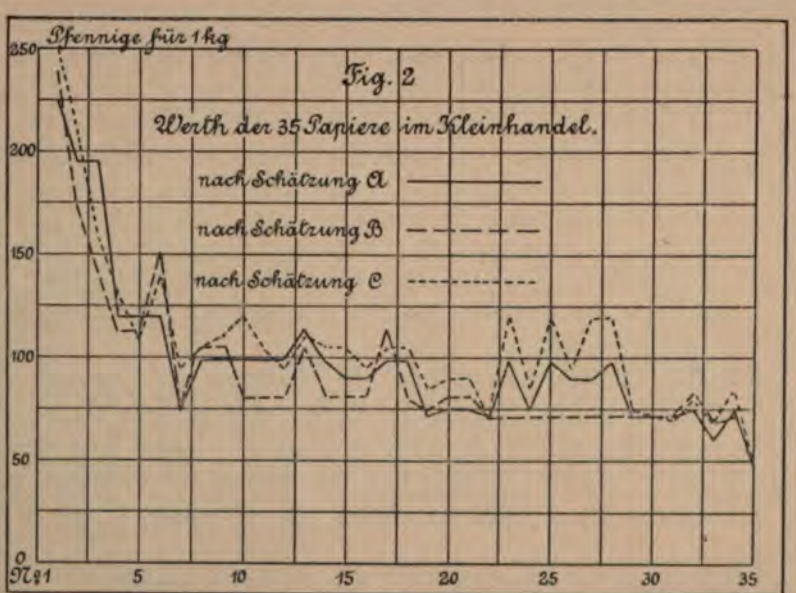
[1] V. = Vorort.

Die Schaubilder zeigen zunächst, daß C die Preise fast durchweg höher geschätzt hat als A und B; bei einigen Sorten sind die Unterschiede sogar recht erheblich.

Die Schätzungen von A und B kommen sich erheblich näher.



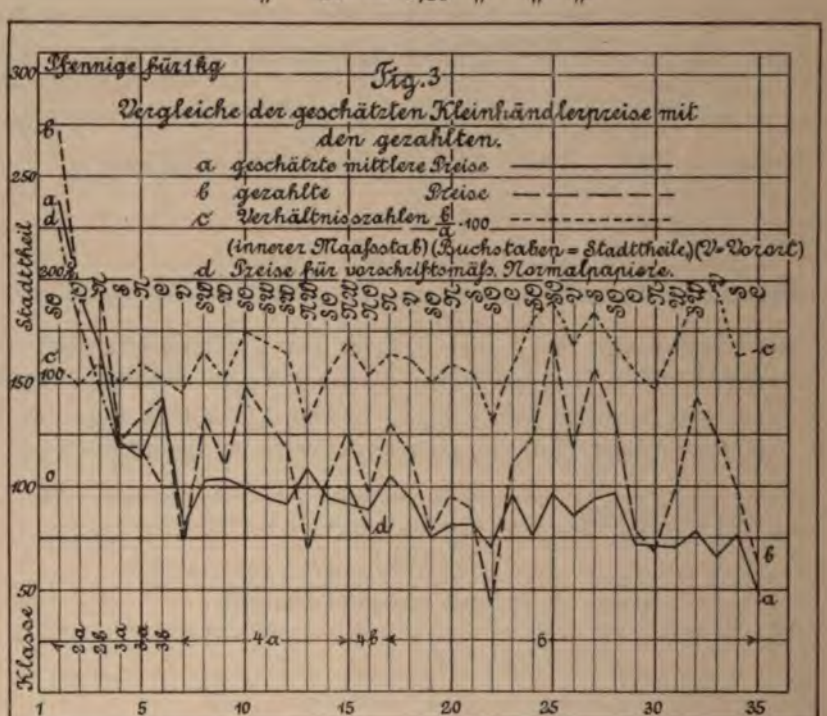
Wie nun das Schaubild Nr. 3 zeigt, sind die von den Verkäufern geforderten Preise mit fünf Ausnahmen (Nr. 2, 7, 13, 22, 30) höher als die mit weitestem Entgegenkommen geschätzten. Wenn man besonders Linie c Fig. 3 betrachtet, so bemerkt man, daß (abgesehen von einigen auffallend geringen Werthen), ganz besonders die geringwerthigen Papiere erheblich



über den von den Großhändlern geschätzten mittleren Werth bezahlt werden mußten. Namentlich mit Rücksicht auf Nr. 25, 27 und 32 steht wohl fest, daß die Preise ungebührlich hoch genannt werden dürfen. Dies erhellt noch deutlicher, wenn man sie mit den Preisen vergleicht, für welche man nach Angabe der Firma A heute Normalpapiere mit vorschriftsmäßigem Wasser-

zeichen aus einer zuverlässig arbeitenden Fabrik im Kleinhandel beziehen kann. Nach dieser Angabe würde der Verkaufspreis betragen für

Normal 1	=	2,25	Mk.	pro kg.
„ 2a	=	1,80	„	„ „
„ 2b	=	1,50	„	„ „
„ 3a	=	1,20	„	„ „
„ 3b	=	1,00	„	„ „
„ 4a	=	1,00	„	„ „
„ 4b	=	0,80	„	„ „



und doch liegen hier Papiere vor, deren Güte und Zuverlässigkeit im Großen und Ganzen außer allem Zweifel steht; ein Umstand, von dem sich außerdem Jedermann jederzeit durch das Wasserzeichen überzeugen kann.

Ein auffallendes Mißverhältniß zwischen dem verlangten und geschätzten Preis ist bei dem Papier Nr. 22 zu beobachten; während der Werth des Papiers im Mittel auf 0,71 Mk. für 1 kg geschätzt wurde, verlangte der Verkäufer nur 0,43 Mk. Dieser Abweichung liegt wohl eine besondere Ursache zu Grunde; vielleicht liegt ein Irrthum des Verkäufers vor, vielleicht hat er aber auch einen größeren Posten des Papiers billig eingekauft, so daß er billig weiter verkaufen konnte.

Zu den Schätzungen der drei Firmen sei noch Folgendes bemerkt:

Die Form der Schaubilder zeigt, daß den drei Firmen A, B und C bei der Abschätzung des wirklichen Werthes der Papiere nicht nur die ihnen mitgetheilte Festigkeit und Stoffzusammensetzung des Papiers maßgebend gewesen sind, sondern auch in mehr oder minder großem Maße dessen Aeußeres, denn anders lassen sich die Sprünge in den Schaulinien nicht erklären.

Wenn auch nicht zu verkennen ist, daß der Papierhändler in Folge der seitens des Publikums gestellten oft unvernünftigen Anforderungen gezwungen ist, auf das Aeußere des Papiers besonderen Werth zu legen, so sollte man, wie immer wieder betont werden muß, in dieser Beziehung doch nicht zu weit gehen. Daß dies in einigen Fällen geschehen ist, zeigen verschiedene der vorliegenden Beispiele, z. B. die Schätzungen der beiden Kanzleipapiere 24 und 25 Seitens der Firma C.

Beide Papiere unterscheiden sich in ihrer Festigkeit und Stoffzusammensetzung wenig von einander; in beiden Punkten ist das Papier 25 etwas geringwerthiger als 24; trotzdem ist das Papier 25 auf 1,20 Mk. und das Papier 24 auf 85 Pf. das kg im Kleinverkauf geschätzt worden. Allerdings ist die Probe 25 etwas weißer als 24 und mit einem Wasserzeichen (Fabrikmarke) versehen; hierauf indessen einen so wesentlichen Preisunterschied zu begründen, dürfte kaum zu rechtfertigen sein; seitens der Firma B ist dem Unterschied in dem Aussehen dieser beiden Muster überhaupt kein Werth beigelegt, sondern die beiden Proben sind als gleichwerthig bezeichnet worden. Derartige Fälle ergiebt die Tabelle I noch mehrere; es sei hier indessen ein Beispiel genügend.

Werfen wir nun noch kurz einen Blick auf die Bedeutung, welche die durch die Untersuchung der 35 Papiere ermittelten Thatsachen für den Aktenbestand unserer Behörden haben.

Im Großen und Ganzen darf man wohl annehmen, daß diejenigen Papiere, welche heute von den Behörden selbst zu wichtigen Aktenstücken verwendet werden, von zweckentsprechender Stoffzusammensetzung und Festigkeit sind, und daß sie Gewähr dafür bieten, daß sie auch ferneren Generationen in gutem Zustand erhalten bleiben.

Anders liegen die Verhältnisse hinsichtlich der bei den Behörden aus dem Publikum eingehenden und dann ebenfalls den Akten einverleibten Schriftstücke; diese machen einen bedeutenden und sehr wichtigen Bestandtheil der Akten aus; es erscheint daher nothwendig, daß man auch ihnen einige Aufmerksamkeit zuwendet.

Bisher bestehen für das Publikum keinerlei Vorschriften über die bei Behörden einzureichenden Schriftstücke; jeder benützt das ihm zur Verfügung stehende Papier ohne Rücksicht auf dessen Eigenschaften. Welcher Art diese Papiere im günstigsten Fall sind, zeigen die oben angeführten Beispiele. In Wirklichkeit werden sich die Verhältnisse indessen noch weit ungünstiger gestalten, weil das große Publikum in den meisten Fällen nicht die besten Papiere ohne Rücksicht auf den hierfür verlangten Preis fordern, sondern sich durch den Preis in der Auswahl mitbestimmen lassen wird. Die Folge davon wird sein, daß die Durchschnittsgüte der so beschafften Papiere noch weit unter derjenigen der geprüften 35 Papiere liegen wird.

Daß der größte Theil dieser Papiere für dauernd aufzubewahrende Akten ganz ungeeignet ist, bedarf wohl keines besonderen Hinweises, und dieser Umstand veranlaßt denn auch Abel in seiner eingangs erwähnten Broschüre die Forderung aufzustellen, daß für alle bei Behörden eingehende Schriftstücke je nach ihrer Wichtigkeit Papiere von bestimmten Eigenschaften verwendet werden mögen, eine Forderung, die auch seitens des Vereins deutscher Papierfabrikanten wiederholt zum Ausdruck gebracht worden ist.

Kann diese Forderung in irgend einer Form erfüllt werden, so sind wir unzweifelhaft auf dem Wege der Sicherstellung des Aktenbestandes der Behörden ein erhebliches Stück vorwärts gekommen.

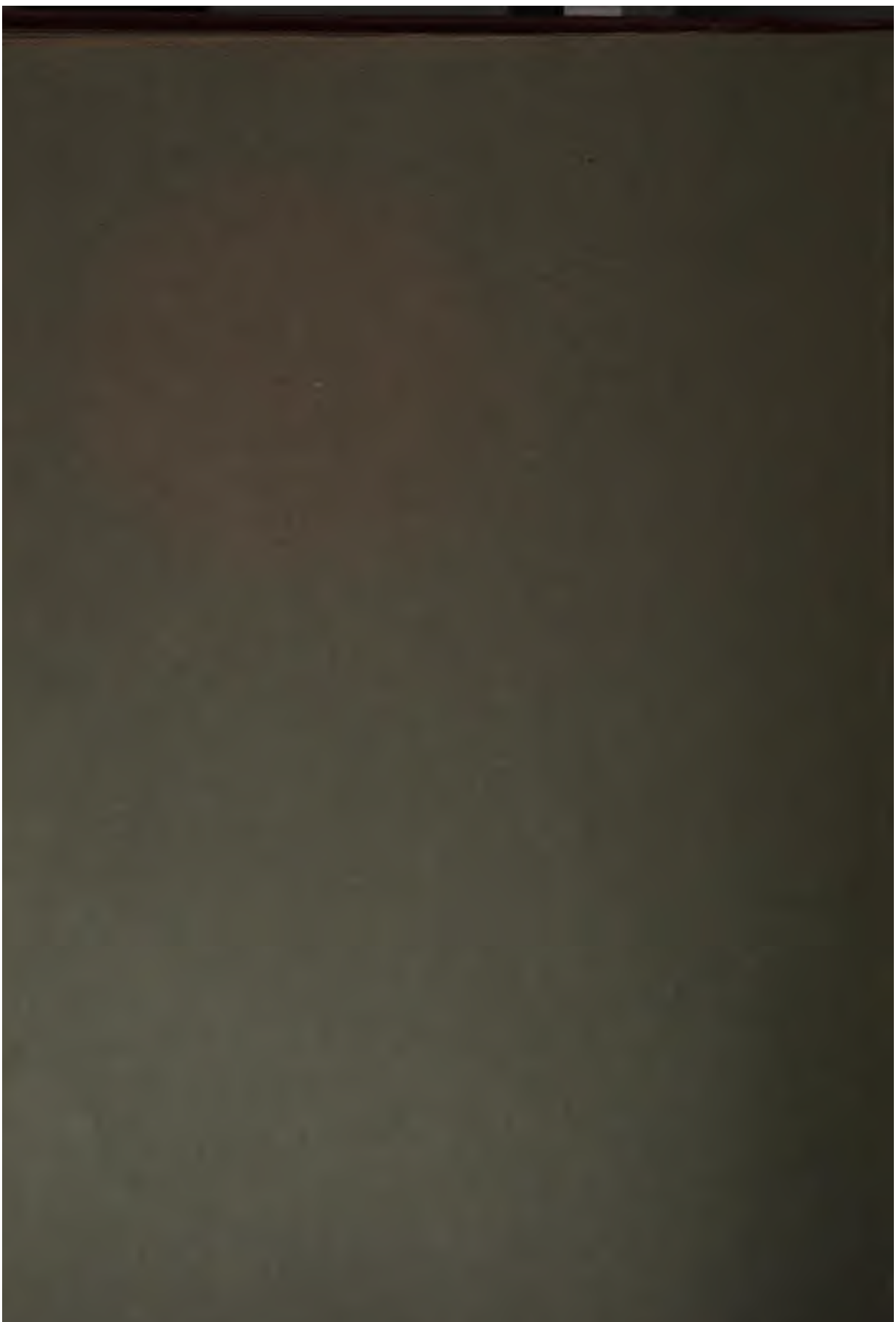
Um für die durch die Untersuchung der 35 Papiere ermittelte Thatsache, daß man im Papier-Kleinhandel im Großen und Ganzen nur geringwerthige Papiere erhalten kann, auch wenn man beim Einkauf ohne Einschränkung des Preises beste Waare gefordert hat, eine noch

breitere Grundlage zu schaffen, hat die Versuchsanstalt noch vor der Drucklegung dieser Arbeit eine weitere größere Anzahl von Papierproben in verschiedenen Stadttheilen Berlins aufkaufen lassen. Auch diese Muster werden untersucht und die erhaltenen Ergebnisse in einem der nächsten Hefte der „Mittheilungen" veröffentlicht werden.

Vor einer etwaigen Ausbeutung dieser Arbeit, als gegen den Berliner Papier-Kleinhandel gerichtet, möchte ich zum Schluß warnen. Die Versuchsanstalt bezweckte lediglich den sachlich begründeten Nachweis von der Wichtigkeit der Forderung zu erlangen, daß auch der Kleinhandel veranlaßt werden oder aus eigenem Antrieb-Veranlassung nehmen muß, die Normalpapiere ins Publikum zu bringen. Nur dann kann der Zweck der „Vorschriften für die Prüfung und Lieferung von Papier zu amtlichen Zwecken" erreicht werden, nämlich, den Bestand unserer Archive und Akten für lange Zeiten zu sichern und im Allgemeinen die Güte unseres Papiers immer mehr zu heben.

Wie die Verhältnisse auf dem besprochenen Gebiet in Berlin liegen, werden sie auch in anderen Städten und auch im Auslande zu finden sein; es scheint wenigstens kein Grund zu einer gegentheiligen Annahme vorzuliegen.

Vielleicht nehmen die in verschiedenen Städten wie München, Nürnberg, Leipzig, Wien, Paris ꝛc. vorhandenen Papier-Prüfungsanstalten den Gedanken auf und verfahren in ähnlicher Weise wie es hier geschehen ist. Interesse haben derartige Untersuchungen wohl sicher für die weitesten Kreise.

Für die Redaktion verantwortlich: A. Martens. — Verlag von Julius Springer in Berlin.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.